

تحديد تراكيز اليورانيوم المنضب في بقايا (مخلفات) معدات  
عسكريه في مواقع معينه من جنوب العراق باستخدام  
HPGe و CR-39

رساله تقدم بها  
عامر حسن علي الجبوري

الى  
مجلس كليه العلوم / جامعه الموصل  
وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في الفيزياء

بإشراف  
الدكتور منيب عادل خليل إبراهيم  
استاذ مساعد



القرآن الكريم

بسم الله الرحمن الرحيم

((وَمِنَ النَّاسِ مَنْ يُعْجِبُكَ قَوْلُهُ فِي الْحَيَاةِ الدُّنْيَا وَيُشْهَدُ اللَّهُ  
عَلَىٰ مَا فِي قَلْبِهِ وَهُوَ أَلَدُّ الْخِصَامِ) (\*) وَإِذَا تَوَلَّىٰ سَعَىٰ فِي  
الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ  
الْفُسَادَ))

صدق الله العظيم

الآية (204-205)

سورة البقرة

## شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين ، والصلاة والسلام على سيد المرسلين  
وشفيح المؤمنين محمد بن عبد الله (صلى الله عليه وسلم) وعلى اله  
وصحبه وممن والاه الـــــى يوم  
الدين ... وبعد

يسرني ان اتقدم بالشكر الجزيل الى عمادة كلية العلوم –  
الموصل لما وفرته من امكانات ساعدت في انجاز هذه الرسالة ..  
كما يسرني ان اتقدم بوافر الشكر والتقدير الى (الاستاذ المساعد  
الدكتور منيب عادل خليل ) المشرف على هذه الرسالة اذ اولاهها عناية خاصة  
وتوجيهات علمية قيمة فجزاه الله عني خير الجزاء ...  
وانتقدم بالشكر الجزيل الى اساتذة قسم الفيزياء و  
الدكتور سعيد حسن سعيد (كلية التربية / قسم الفيزياء) لما قدموه لي من توجيهات  
ومراجع كان لها الاثر الاكبر في اثارة جوانب عديدة من هذه الرسالة .  
واقدم شكري لزملائي من طلبة الدراسات العليا والسيد سليمان  
هذه الرسالة .  
ومن الوفاء ان اتقدم بالشكر الجزيل الى العاملين في مكتبة قسم  
الفيزياء والمكتبة المركزية في جامعة الموصل .

الباحث  
عامر حسن

## الملخص

تم في هذا البحث دراسة (25) عينة موزعة على خمسة مناطق من جنوب العراق قريبة من المنطقة منزوعة السلاح بين العراق والكويت وصولاً إلى السعودية، والمناطق التي تم دراستها شملت (حقل الرميح الشمالي ومنطقة مفرق طريق صفوان ام قصر وكديره العظمى ومطار الشامية والمنطقة بين كديره العظمى ومحطة خورناج ومنطقة محطة خورناج)، ان هدف الدراسة الحالية كان تحديد تراكيز اليورانيوم المنضب في تلك العينات التي تمثلت في مزيج من بقايا الدبابات والمعدات العسكرية واجزاء من قذائف اليورانيوم المنضب والاثربة المتراكمة عليها والقريب . وقد استخدمت تقنيتي كاشف الاثر النووي CR- 39 وكاشف الجرمانيوم عالي النقاوة HPGe. لقد اظهرت النتائج التي تم الحصول عليها زيادة في تراكيز اليورانيوم المنضب تراوحت بين  $(8.36 - 20)$  ppm عن الحد الطبيعي البالغ  $(0.2 - 1.2)$  ppm. وهذه الزيادة يمكن ان تعزى إلى استخدام قذائف حاوية على اليورانيوم المنضب (قذائف إختراقية) كما اظهرت القياسات ايضاً ان نتائج التقنيتين كانت متقاربة مما يشير إلى إمكانية استخدام هاتين التقنيتين في الكشف عن التراكيز الضئيلة للعناصر المشعة .



## المحتويات

الصفحة	الموضوع	التسلسل
1	الفصل الاول : التلوث باليورانيوم المنضب	
1	المقدمة	1 . 1
2	التلوث بأشعاع دخيرة اليورانيوم المنضب وسمومها	2 . 1
10	اليورانيوم	3 . 1
10	خواص اليورانيوم الطبيعي	1 . 3 . 1
11	اليورانيوم المنضب	2 . 3 . 1
12	التعرض لليورانيوم واليورانيوم المنضب	3 . 3 . 1
13	منفذ (مدخل) اليورانيوم المنضب	4 . 3 . 1
13	امتصاص اليورانيوم المنضب	5 . 3 . 1
14	غاز الرادون	4 . 1
15	الكشف عن غاز الرادون	1 . 4 . 1
15	المخاطر الصحية للرادون ووليداته	2 . 4 . 1
17	فوائد غاز الرادون واستخداماته	3 . 4 . 1
18	طرق حساب تراكيز الرادون	4 . 4 . 1
19	الهدف من البحث	5 . 4 . 1
20	الفصل الثاني : الدراسات السابقة وكواشف الاثر النووي	
20	استعراض الدراسات السابقة لاستخدام كاشف CR - 39	1 . 2
24	استعراض الدراسات السابقة لطريقة تحليل طيف اشعة كاما	2 . 2
28	كواشف الاثر النووي الصلبة	3 . 2
30	انواع كواشف الاثر النووي الصلبة	1 . 3 . 2
32	الكاشف CR-39	

33	كيفية تكون الاثر	2 . 3 . 2
36	الفصل الثالث : كواشف أشعة كاما	
36	تفاعل اشعة كاما مع المادة	1 . 3
36	كواشف اشعة كاما	2 . 3
37	كواشف اشباه الموصلات	3 . 3
38	القدرة التحليلية لكواشف اشباه الموصلات	4 . 3
39	كواشف الجرمانيوم عالية النقاوة	5 . 3
41	محاسن ومساوئ كواشف اشباه الموصلات	6 . 3
42	الفصل الرابع : الجزء العملي والحسابات	
42	عملية جمع وتحضير العينات	1 . 4
48	التحليل والقياس بتقنية كاشف CR-39	2 . 4
50	الحسابات	1 . 2 . 4
53	القياسات بتقنية تحليل طيف اشعة كاما واستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة	3 . 4
55	معايرة الطاقة	1 . 3 . 4
55	حساب المساحة الحقيقية تحت الذروة	2 . 3 . 4
56	تحديد تراكيز اليورانيوم المنضب في العينات	3 . 3 . 4
57	الفصل الخامس : النتائج والمناقشة	
71	الاستنتاجات	
71	المقترحات	
72	المصادر	

## قائمة الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	التسلسل
10	خواص نظائر اليورانيوم الطبيعي	1-1
11	نواتج عمليات التخصيب	2-1
12	خواص نظائر اليورانيوم في اليورانيوم المنضب	3-1
58	رموز العينات وتوزيعها على المناطق المدروسة وكثافة الاثار وتركيز الرادون في الحيز الهوائي وداخل العينات	1-5
60	الفاعلية الاشعاعية لغاز الرادون ومحتوى الراديوم الفعال وعدد ذرات اليورانيوم ووزنه وتركيزه في العينات	2- 5
62	المساحة تحت الذرات لليورانيوم $U^{238}$ والتوريوم $Th^{232}$ وتركيز اليورانيوم في العينات ونسبة اليورانيوم إلى التوريوم	3-5
63	مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها لكلا التقنيتين	4-5

## فائمة الاشكال

الصفحة	عنوان الشكل	التسلسل
34	وخزة الانفجار الايوني في تكوين الاتار في المواد الصلبة غير العضوية	1-2
35	تأثير الاشعاع على السيسل البوليمرية	2-2
49	انبوبة الاختبار المستخدمة في الدراسة	1- 4
53	منظومة تحليل طيف اشعة كاما	2- 4
65	طيف اشعة كاما العائد للخلفية الاشعاعية داخل المختبر	1- 5
66	طيف اشعة كاما الناتج عن العينة القياسية	2-5
67	طيف اشعة كاما العائد للعينة W	3-5
68	طيف اشعة كاما العائد للعينة Q	4-5
69	طيف اشعة كاما العائد للعينة S	5-5
70	طيف اشعة كاما للعينة W مع طيف اشعة كاما للخلفية الاشعاعية	6-5

الفصل الأول  
التلوٲ باليورانيوم  
المنضب

## الفصل الأول

### التلوث باليورانيوم المنضب

#### Introduction

#### 1.1 المقدمة

استخدمت الولايات المتحدة الأمريكية وبريطانيا، وجربتا لأول مرة في حرب الخليج الثانية سنة 1991 اسلحة واعتدة حربية حديثة محرمة دوليا بوصفها من اسلحة الدمار الشامل لاحتوائها على مادة اليورانيوم المنضب او المستنفد (Depleted Uranium) المشعة والسامة كيميائيا، لقد فتكت هذه الاسلحة بالآلاف من العسكريين والمدنيين وحدثت كارثة إنسانية وبيئية تكشفت آثارها منذ الأشهر الأولى بعد الحرب وما يزال يتكشف المزيد منها وإن لم يتحدد بعد أبعاد تأثيرها بالكامل.

إن الوفرة النظائرية لليورانيوم الطبيعي هي كالآتي  $^{238}\text{U}$  (99.28% ،  $^{235}\text{U}$  0.72% ،  $^{234}\text{U}$  0.006% . علما أن النظير  $^{234}\text{U}$  يهمل لقلة تركيزه وإن الفرق الرئيس بين اليورانيوم الطبيعي والمنضب هو فرق الوفرة النظائرية، ففي اليورانيوم المنضب تتغير النسب كالآتي  $^{238}\text{U}$  (99.8 % ،  $^{235}\text{U}$  0.2 % ،  $^{234}\text{U}$  0.001 % ) لذلك فإن التحديد أو الكشف عن هذه النسب يشير إلى أن القذائف المستخدمة تحتوي على اليورانيوم المنضب D U (who, 2001).

وعلى الرغم من مضي عشر سنوات على تلك الحرب فإن موضوع اليورانيوم المنضب لم يحظ بالاهتمام المطلوب، فلم يتم حتى الآن كشف النقاب كليا عن النتائج المباشرة وغير المباشرة لاستخدام ذخيرة اليورانيوم وأبعاد التلوث الناجم عنها. وثمة من يزعم من المسؤولين في المنطقة بأن بلادهم خالية من التلوث تماما ويواصلون تكتمهم على حقيقة ما حصل على العكس مما تتطلبه مصالح شعوبهم والمستقبل الصحي لأجيالهم، ولم تنتج حتى يومنا هذا دراسة شاملة لنتائج الكارثة على نحو جدي ومتكامل ولم تتخذ الإجراءات اللازمة للحد منها الأمر الذي يعزز الانطباع بأن ثمة تجاهلا وإهمالا متعمدين حيال ما يتعرض له المواطنون على الرغم من هول ما حدث وعلى الرغم من تحذيرات العديد من العلماء والمختصين المدعومة بنتائج أولية لدراسات ميدانية علمية هامة تؤكد عدم اقتصار الأضرار على صحة وحياة الجيل الحالي، وإنما ستنقل آثارها المباشرة وغير المباشرة إلى الأجيال القادمة.

لقد أكد العديد من العلماء والخبراء المعنيين بأن هذا النوع من اليورانيوم هو من النفايات النووية الناتجة عن عملية تخصيب اليورانيوم، وهو مشع وسام كيميائيا إذ يولد عند انفجار ذخيرته التي تتميز باختراقية كبيرة، منتوجا بالغ السمية وينتقل على شكل غيمة إشعاعية إلى عشرات الكيلومترات. ونقيد التقارير العلمية والعسكرية أن معضلة استخدام ذخيرة اليورانيوم

المنضب تكمن في استمرار اثارها لملايين السنين حيث تشكل اثار التلوث الناجمة عن اختلاط اليورانيوم بالتربة كارثة بيئية بعضها اني والبعض الاخر يظهر في المستقبل. فباستثناء الاثر الموضوعي السمي والإشعاعي لليورانيوم المنضب الذي يحصل عند انفجار ذخيرته، فان جزيئاته تنتشر عن طريق الرياح والمياه الجوفية لتغطي مساحات شاسعة تتجاوز الرقعة الجغرافية لارض المعركة.

## 2.1 التلوث بإشعاع ذخيرة اليورانيوم المنضب وسمومها

بعد ثمانية اعوام من بداية حرب الخليج الثانية اضطرت وزارة الدفاع الامريكية إلى الكشف عن خارطة مفصلة للمناطق التي تعرضت للهجوم بالقذائف المضادة للدروع والمطعمة باليورانيوم المنضب التي اطلقتها الدبابات والطائرات الامريكية، وتشمل منطقة انتشار اليورانيوم المنضب في هذه الخارطة التي نشرتها جريدة (Christian Science Monitor) حدود كل من العراق لتصل الكويت والسعودية (Fahey, 2000). إذ تمتد من مناطق جنوب البصرة باتجاه حقول الرميثة النفطية وصولاً الى حدود السعودية ثم تمتد غرباً من موقع خرنج الذي يقع الى الشمال بعيداً عن منطقة حفر الباطن السعودية. ولا تشمل الخريطة جنوب الناصرية وغرب البصرة وغرب الكويت على الرغم من استخدام قوات الحلفاء لقذائف اليورانيوم المنضب فيها، وقد انتقد خبراء المركز القومي لموارد حرب الخليج (وهو مركز يضم مجموعات من المحاربين القدامى في واشنطن) واضعي الخارطة لانهم لم يضمّنوا فيها مواقع فرق مدرعة امريكية اخرى ومواقع إطلاق قذائف اليورانيوم من قبل القوات البريطانية. وكان المركز قد اعلن في عام 1998 ان نحو 400 الف محارب تعرضوا لإشعاعات اليورانيوم واعترف الناطق باسم مكتب اعراض حرب الخليج في البنّاغون الامريكي، بان الخارطة التي صدرت اساساً لعرضها امام لجنة حكومية خاصة ليست كاملة وانها لا تقدم لوحة مفصلة عن مواقع انتشار اليورانيوم المنضب (Al-Azzawi *et al.*, 1999).

وبينما كان العسكريون الامريكيون يتفاخرون طيلة الفترة المنصرمة بـ"الحرب النظيفة" التي شنوها ضد العراق مدّعين بانها لم تعرض المدنيين للاخطار، فقد فندت مزاعمهم العديد من البحوث والدراسات العلمية والطبية والعسكرية وعشرات التقارير الصحفية الميدانية التي لم تكشف فقط عن الدمار والخسائر البشرية الجسيمة التي سببتها الحرب، بل اعطت مؤشرات واضحة لما خلفته من اضرار بيئية وصحية خطيرة. ومع ان العمليات الحربية كانت عموماً في منطقة البادية الواقعة بين العراق والكويت والسعودية وهي مناطق قليلة السكان نسبياً، إلا ان التقارير تؤكد بان جزيئات اليورانيوم قد وجدت طريقها لتتراكم بكميات كبيرة في مدن وبلدات

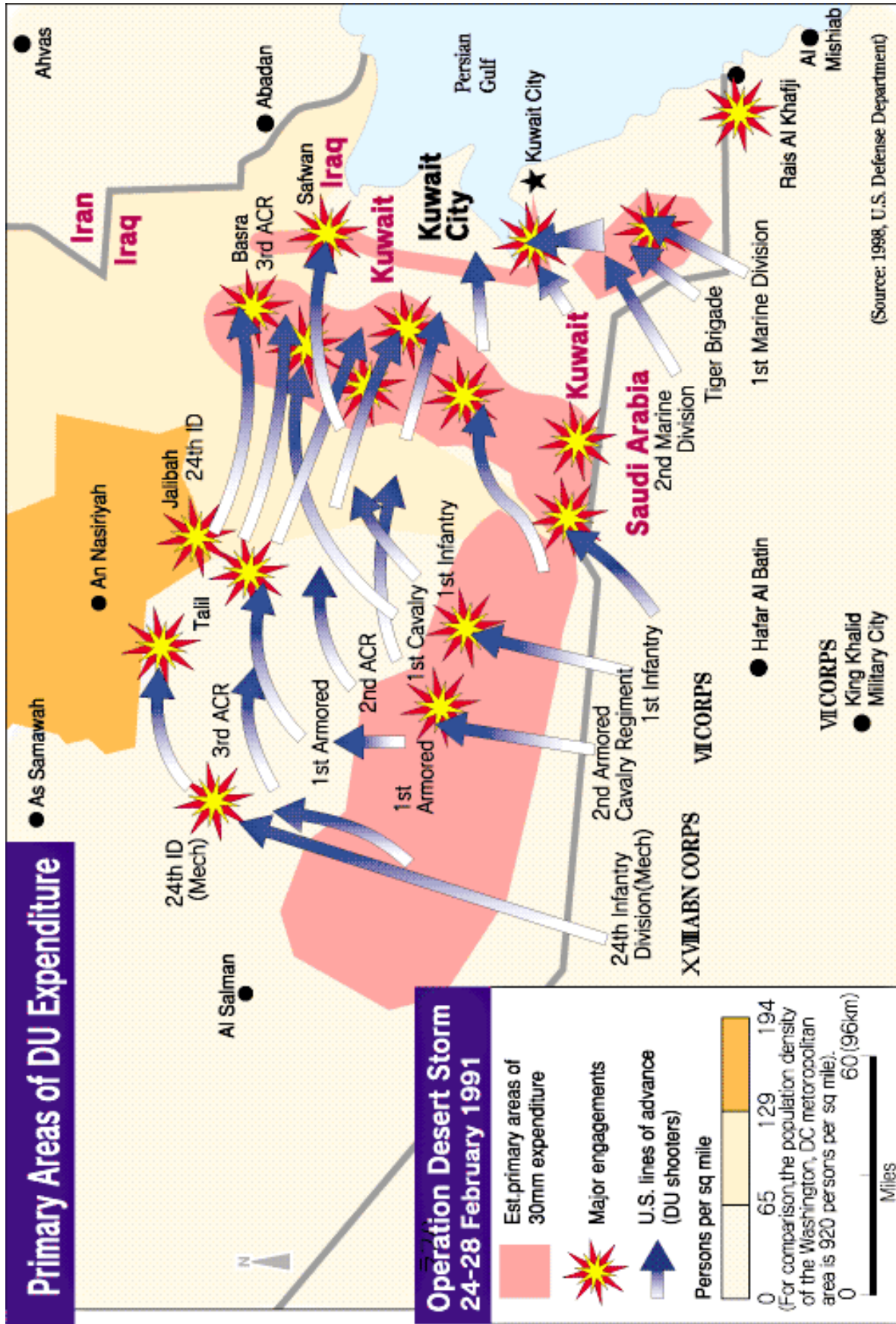
وقرى ومزارع تبعد عنها عشرات الكيلومترات وهي متراكمة بكميات كبيرة وما انفكت تفعل فعلها المدمر، ففي بادئ الامر قدرت المصادر العسكرية الامريكية ان قواتها خلفت نحو 40 طنا لحد الان من اليورانيوم المشع والسام في مناطق شاسعة من الكويت والعراق لكنها عقب تشكيك العلماء والعسكريين المختصين بهذه الكمية رفعت الرقم الى 300 طن وهو رقم اكده (Busby, 2001)، بينما قدرت كل من منظمة السلام الاخضر (Greenpeace) ومركز التوثيق



الخريطة (1-1) توضح عمليات حرب الخليج الثانية (عاصفة الصحراء) لفتره من 24 إلى 28 شباط 1991 (Fahey, 2000).

الهولندي (Stichting LAKA) بان الكمية لا تقل عن (700-800) طن. واكد (المقادي، 2003) بان مساحة الحرب التي جرت عليها العمليات القتالية قد غطيت برمتها بالمواد المشعة والسامة، ونبه ديوراكوفيتش وهو طبيب وخبير بالطب النووي الى ان الكميات الكبيرة من اليورانيوم المنضب التي تركت في العراق سيكون لها حتما انعكاسات بيئية على ارض العراق وبفعل حركه الرياح ونعومة غبار الصحراء فإن اثاره ستتقل إلى مئات الاميال لتشمل الكويت والسعودية وقطر علما ان الباحث اعتمد رقم 300 طن في تقديراته لكمية اليورانيوم المنضب المستخدمة (Fahey, 2000).





(2-1)

(Fahey, 2000)

لقد اثبتت الدراسات التي اجريت بعد انتهاء الحرب في المناطق التي تعرضت لاستخدام الذخيرة المذكورة، ان نسبة النشاط الإشعاعي بلغت  $270 \text{ mrad/h}$  اي ما يزيد عن 30 ضعفا لاقصى ما يمكن ان يتعرض إليه العاملون في الصناعة النووية وهو ما حول مناطق شاسعة على بعد عشرات ومئات الكيلومترات إلى بيئة ملوثة ونشطة إشعاعيا نتيجة للأسلحة المحطمة والالغام والذخيرة الأخرى المتفجرة وغير المتفجرة والملوثات الكيميائية فضلا عن الركام النشط إشعاعيا والمتناثر في الصحراء العراقية وبالقرب من الحدود السعودية والكويتية (Saleh and Meqwar, 1995). وما تزال الانقراض الملوثات بالإشعاع متراكمة في الصحراء وحول البصرة والكثير من الاطفال الابرياء يلعبون على مقربة منها ويقومون بتفكيك بقايا اجزائها. لقد اشارت العديد من التقارير إلى ان التلوث قد طال مناطق جنوب العراق والكويت والسعودية والصحراء العربية باتار ذخيرة اليورانيوم المنضب الخطرة. وحيال هذا الواقع نبه علماء وخبراء اجانب إلى تعرض التربة والمياه وجميع المواد الغذائية للتلوث. إذ ذكرت مؤسسة (Stichting LAKA) بقولها: "إن النوع الجديد من الموت البطيء الذي نقلته أكثر الحروب تسميما في التاريخ يشمل ما يقدر بـ 800 طن من غبار اليورانيوم المنضب المستمر في الهبوب عبر شبه الجزيرة العربية لعقود عدة في المستقبل تكفي لجعل هذه العملية معروفة جيدا في السجلات الطبية" (Busby, 2001).

وكانت هيئة الطاقة الذرية البريطانية (UKAEA) قد حذرت وزارة الدفاع البريطانية من مغبة استخدام ذخيرة اليورانيوم المنضب في حرب الخليج مركزة بشكل خاص إلى تآثر الاطفال بالإشعاع ناترا قويا عبر الغبار السام الذي ستطلقه والذي سيسبب لهم السرطان مهددا حياة من يلعبون بالقرب من العجلات المحترقة واولئك الذين ينظرون إليها أيضا. وقد أكد ذلك العالم البريطاني ما يكل كلارك الخبير بأبحاث الطاقة الإشعاعية والإشعاع النووي بقوله: "كنا قد حذرنا الحكومة البريطانية من خطورة وفعالية اليورانيوم كمادة مشعة، إذ يؤدي استنشاقها إلى تأثير بالغ على الرئتين بسبب إشعاعات تلك المادة. ووجدنا في النهاية بان لليورانيوم تأثيرا كيميائيا أكثر من كونه تأثيرا إشعاعيا فاستنشاق كمية كافية من غبار اليورانيوم يحدث إصابات كيميائية بالغة للكلىتين" (Lopez, 2000).

وعلى إثر تصاعد شكاوى العسكريين المشاركين بالحرب من اعراض غامضة سميت "متلازمة حرب الخليج"، اعترفت الوكالة النووية للدفاع (Defense Nuclear Agency) التابعة للبنتاغون قائلة: "علينا الاستعداد لمواجهة مشكلة قوية" (Fahey, 2000). وعلى الرغم من كل ذلك لم تقم الحكومة العراقية وحكومات قوات الحلفاء بتبنيه سكان تلك المناطق وتحذير الفلاحين

من الزراعة ورعي الابقار والمواشي في تلك المناطق الملوثة وكذلك تحذير المواطنين عموماً من مخاطر تناول المنتجات الغذائية والمحاصيل الزراعية لتلك المناطق الملوثة بالإشعاع. وفيما كان الباحثون بمخاطر استخدام اليورانيوم المنضب أكثر قلقاً وحرصاً من تلك الحكومات. فقد كشف نيك كوهين النقاب عن التقرير السري الذي وضعته (UKAEA) والذي يشير إلى وجود ما يكفي من اليورانيوم المنضب في الكويت وجنوبي العراق ليسبب ما يحتمل ان يهلك نصف مليون نسمة" (Al-Azzawi *et al.*, 1999). ووجهت صحيفة نيويورك تايمز سنة 1992 تحذيراً بهذا الشأن، إذ كتب اريك هوسكينس المتخصص بالشؤون العلمية قائلاً: "إن بقايا قذائف اليورانيوم الأمريكية ما تزال تفتك بأرواح الأطفال العراقيين" (CHR, 2000). وكان البروفيسور الدكتور سيغفرت هو رست غونتر وهو عالم وطبيب أطفال أول من أشار علانية إلى جدية مخاطر مخلفات اليورانيوم المنضب على سكان المنطقة ولا سيما في السعودية والكويت فضلاً عن العراق (Fahey, 2000). وحصل فعلاً ما نبّه إليه العلماء وحذروا من مخاطره، فقد وصفت عالمة الفيزياء الاسترالية هيلين كولديكوت حرب الخليج الثانية بالمجزرة وقالت: "لقد عنيت السلطات الأمريكية عناية شديدة بإخفاء حجم المجزرة" (المقدادي، 2003) فيما أكدت تقارير أخرى عسكرية ان الآلاف من الجنود العراقيين لقوا مصرعهم مباشرة بتلك القذائف او نتيجة التعرض لها. وقدرت المصادر ان تلك الذخائر سببت في الأشهر الثمانية الأولى من سنة 1991 موت زهاء 50 ألف طفل عراقي نتيجة إصابتهم بأمراض مختلفة نجمت عنها أمراض مختلفة منها السرطان وعجز الكلية وأمراض داخلية أخرى لم تكن معروفة سابقاً (Saleh and Meqwar, 1995). إن هذا أدى إلى زيادة تصاعدية في نسبة الإصابات السرطانية المختلفة نتيجة لتلوث مساحات شاسعة من جنوب العراق بإشعاعات اليورانيوم المنضب لاسيما بين العسكريين وبخاصة في مجال إصابات الغدد الليمفاوية وسرطان الدم. فقد نشرت صحيفة "الانديبندنت"، عام 1999 سلسلة مقالات حول الأدلة المتزايدة على الصلة بين تفشي مرض السرطان في العراق واستخدام قذائف اليورانيوم المنضب معتمدة على تقارير أعدّها العديد من العلماء والمهتمين بهذا الموضوع مما زاد من المرء بان التلوث باليورانيوم المنضب طال البيئة ومعظم السكان في العراق فضلاً عن أجزاء من الكويت (CHR, 2000).

وأصبح من المؤكد بان سنوات طويلة سوف تمر قبل ان تتضح ابعاد الاضرار والاطار التي اصابت البيئة في الكويت ومنطقة الخليج العربي لاسيما وان العلماء والمختصين يتوقعون مخاطر اعظم مؤكدين بان التلوث الإشعاعي الناتج عن ذخيرة اليورانيوم المنضب قادر على البقاء في الاراضي التي يلوثها لفترة تقدر بحدود 4 مليار سنة

(Al-Azzawi *et al.*, 1999). ولعل ما قاله الباحث الدكتور جون دانكر وهو طبيب واحد ابرز الباحثين البيئيين في برنامج الامم المتحدة لمكافحة التلوث ويدير جمعية لمساعدة ضحايا التلوث في العالم، من ان متوسطي الاعمار سيكونون الاكثر تأثرا بانتشار التلوث في هذه المنطقة من الناحية الديموغرافية مما ينطوي على دلالة بالغة وبخاصة ان الإصابات السرطانية والتشوهات الولادية والوفيات الناجمة عن التلوث باليورانيوم المذكور قد طالت لحد الان مئات الالاف من السكان. وإدراكا منه لحجم المخاطر البيئية والصحية والحياتية الراهنة والمستقبلية وابعادها الكارثية وبلاستناد إلى بحوث ودراسات ميدانية عديدة اجراها في العراق اوصلته إلى نتائج خطيرة وجه العالم وطبيب الاطفال غونتر نداءات ملحة لإجراء دراسات واسعة ومكثفة في العراق للوقوف على حجم الاضرار الرهيبة التي سببها استخدام ذخيرة اليورانيوم على السكان المدنيين وخاصة الاطفال (Fahey, 2000).

وبعد توفر الكثير من البراهين والقرائن عن الاضرار الجسيمة التي لحقت بالالاف المواطنين العراقيين، فقد اعرب العالمان في ميدان دراسة اثار اليورانيوم المنضب هاري شارما الاستاذ في الكيمياء ودونغ روكك الباحث في الهندسة البيئية والفيزياء النووية، في اواخر عام 1999 امام لجنة الدفاع التابعة للبرلمان البريطاني عن امليهما بتوفير رعاية طبية لجميع الاشخاص الذين تعرضوا لتأثير اليورانيوم المنضب وطالبا بضرورة تنقية الاماكن المحيطة من كل اثاره كما وجهها نداءا لحظر استخدام قذائف اليورانيوم المنضب (Al-Azzawi *et al.*, 1999).

وفي مطلع العام الجاري دعا السير تاونسند السياسي البريطاني ومدير مجلس تحسين التفاهم العربي البريطاني (CAABU)، الحكومة البريطانية الى ان تعلن فوراً انها ستجري تحقيقاً شاملاً وجدياً في التأثيرات الناجمة عن استخدام اليورانيوم المنضب وربما بالتعاون مع بلدان أخرى كالولايات المتحدة وان تجري بالتعاون مع منظمة الصحة العالمية تحقيقاً دقيقاً في اية علاقة محتملة بين نقشي مرض السرطان في منطقة الخليج واستخدام اليورانيوم المنضب من قبل القوات البريطانية مؤكداً بان خطوة كهذه من شأنها ان تعطي للسياسة الخارجية البريطانية البعد الاخلاقي الذي وعدت به الحكومة مشيراً إلى العديد من المصادر التي كشفت عن الصلة بين انتشار الامراض السرطانية واستخدام ذخيرة اليورانيوم المنضب (المقدادي 2003). وقد ابدى تاونسند استغرابه من ان وزيرة التنمية العالمية في الحكومة البريطانية السيدة كلير شورت غير ملزمة لحد الان بتأثيرات استخدام الاسلحة التي تحتوي على اليورانيوم المنضب. واعترفت الوزيرة في رسالة له قائلة: "نحن في الواقع لا نجري اية ابحاث في التأثيرات الصحية للقذائف

التي زودت رؤوسها باليورانيوم المنضب ولا علم لنا بمثل هذه الابحاث، ومع ان السير تاونسند لم يدين استخدام القوات العسكرية الاميركية والبريطانية لهذه الذخيرة والتي شكلت جريمة بحق البيئة البشرية والطبيعية وتستحق الإدانة الواسعة بوصفها مواد محرمة دوليا، لكن دعوته الحريصة الى الكشف عن تأثيرات استخدام هذه الذخيرة في منطقتنا تستحق التناء والتقدير إذ جاءت داعمة لمطالبه العالمين شارما وهوكك وغيرهما.

وعقب زيارة ميدانية للعراق في نيسان 2000 دعا الكاهن الفرنسي جان ماري بنجامين إلى تنظيم مؤتمر دولي وإرسال بعثات علمية الى العراق لدراسة اثار دخائر اليورانيوم المنضب بعد ان شاهد في المستشفيات العراقية اعدادا كبيرة من الاطفال المولودين بتشوهات خلقية ومصابين بسرطان الدم. اما في حرم جامعة جنيف وامام مقر الامم المتحدة طالبت منظمات غير حكومية اثناء انعقاد الدورة السنوية للجنة حقوق الإنسان التابعة للامم المتحدة، بدراسة اثار استعمال اليورانيوم المنضب على مستقبل الشعب العراقي محذرة من ان نسله يواجه تشوهات في الجينات الوراثية مستعينة بتأكيدات اطباء وعلماء وخبراء اجانب في هذا المضمار (Fahey, 2000).

إن مهمة الكشف عن تأثيرات استخدام ذخيرة اليورانيوم المنضب في المنطقة العربية ومعالجتها بقدر ما هي مهمة وطنية ملحة، إلا انه لا يمكن لبلد واحد مهما امتلك من إمكانيات وقدرات ولا حتى الوكالة الدولية لمكافحة السرطان التابعة لمنظمة الصحة العالمية ولا غيرها إنجازها لوحدها، كما ان التأخر في معالجتها طيلة عقد كامل من الزمن ضاعف من تعقيد إنجاز هذه المهمة، لذا فان كل يوم يمر يزيد من التعقيدات ويفاقم من اخطار التلوث وما ينجم عنه ويزيد من صعوبة مهمة الاطباء في معالجة المصابين. وإذا ما بوشر بالمهمة فان العمل سيجري في مواقع ملوثة تلوثا إشعاعيا وسميا واسعا وخطيرا، وهذا بحد ذاته يخلق مشاكل وصعوبات وعراقيل جمة إضافية امام إنجاز المهمة وبخاصة امام القائمين بها. واستنادا إلى دانييل فاhey (Fahey, 2000) المسؤول حاليا عن الابحاث في المركز الوطني الامريكي لمعلومات حرب الخليج والذي اجري دراسة مكثفة على اليورانيوم المنضب اكدت ان التعرض للتلوث الإشعاعي الناتج عن اليورانيوم المنضب يشكل خطرا على الجنود وعلى السكان المدنيين ما لم يكونوا متدربين ومجهزين بالملابس الواقية.

إن تنظيف المنطقة من اليورانيوم المنضب ستكون عملية صعبة جدا ومكلفة، إذ يجب تغليف جميع العربات العسكرية الملوثة بغلاف واقى من القماش الثقيل Tarpaulin ثم تؤخذ الى اماكن خاصة لتخليصها من التلوث. كما يجب إزالة الطبقة السطحية من التربة الملوثة بعمق قدم

تقريباً إذ توضع في حاويات ليتم التخلص منها بشكل مناسب وهذا يشمل القذائف التي أخطأت أهدافها إذ يجب الكشف عنها والتخلص منها بشكل مناسب، وفي هذا المضممار أشارت تقارير إلى أن نحو 90 قنبلة من القنابل التي تساقطت أثناء الحرب أخطأت أهدافها، وقال خبير عسكري أمريكي إن ما لا يقل عن 600 قنبلة وصاروخ وقذيفة مدفعية اسقطت أو أطلقت يومياً أثناء حرب الخليج ولم تنفجر وتشكل خطراً مستمراً في مكان ما من منطقة القتال السابقة. وإدراكاً للمخاطر، دعا (المقدادي 2003) إلى وجوب تخلص المناطق التي استخدمت فيها ذخائر اليورانيوم المنضب مهما كانت كميتها من التلوث وكذلك تخلصها من جميع القذائف الملوثة وإلا سيبقى التلوث إلى الأبد محذراً من أن عدم تزويد العاملين في هذه العملية بالتجهيزات الوقائية الكافية والتدريب المناسب سيعرضهم لمشاكل صحية خطيرة وكل هذا يشكل عقبات كبيرة إضافية سواء من حيث ضرورة توفير المستلزمات الخاصة المطلوبة والتي من دونها لا يمكن العمل إطلاقاً لكونه مجازفة خطيرة على حياة العاملين ولابد من مطالبة الحكومتين الأمريكية والبريطانية بأن تقوم وزارتا دفاعهما بتقديم الخرائط الكاملة والمفصلة عن مواقع استخدام ذخيرة اليورانيوم ومناطق التلوث بها والعمل على إرغام الحكومتين على تحمل القسط الأكبر من الأموال المطلوبة لتوفير الأجهزة والمعدات والكوادر العلمية والفنية وغيرها من الأمور اللازمة لتنفيذ مهمة الكشف عن أضرار السلاح الذي استخدمته قواتهما وكذلك لمعالجة المتضررين وإصلاح ما لحق بالبيئة من خراب ودمار شاملين (CHR, 2000).

## Uranium

## 3.1 اليورانيوم

اليورانيوم معدن طبيعي ثقيل جدا ذو لون فضي رمادي براق كثافته عالية تصل الى  $18.9 \text{ gm/cm}^3$  وهو مصدر مشع متواجد في القشرة الارضية وفي اغلب الصخور بنسبة  $3 \text{ ppm (gm/ton)}$  ومتواجد ايضا بكميات قليلة في رواسب التربة والمياه والنبات والحيوانات وجسم الإنسان، وتحتوي مياه البحر على نسبة  $3 \text{ ppb (mg/ton)}$ . وكمعدل فان جسم الإنسان يحتوي على  $90 \mu\text{g}$  تقريبا من اليورانيوم عن طريق التناول الطبيعي للماء والطعام والهواء. حوالي 66 % منه موجود في الهيكل العظمي، و 16 % في الكبد، و 8 % في الكليتين، و 10 % في بقية انسجة الجسم (UIC, 2002).

اكتشف معدن اليورانيوم عام 1789 من قبل الكيميائي الالم Martin Klaproth معدن يدعى Pitch Blende ( معدن اليورانيت الحاوي على اليورانيوم والراديوم ). وقد سمي بهذا الاسم بعد ثمانية اعوام من اكتشاف كوكب اورانوس (Wise Uranium Project, 2002) والرمز الكيميائي له U ودرجة انصهاره  $1132^{\circ}\text{C}$ . يتكون اليورانيوم الطبيعي من ثلاثة نظائر كلها مشعة وهي  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ، وتعد النوى الام لسلسلتين من الانحلال المستقلة، إذ ان  $^{234}\text{U}$  ناتج من انحلال سلسلة  $^{238}\text{U}$ .

## 1.3.1 خواص اليورانيوم الطبيعي

الجدول (1-1) يوضح بعض خواص اليورانيوم الطبيعي ونسب تركيبه النظائري (WHO, 2001).

الجدول (1-1) خواص نظائر اليورانيوم الطبيعي

Isotopes Properties	$^{234}\text{U}$	$^{235}\text{U}$	$^{238}\text{U}$	Total
Half Life	244500 Yrs	$703.8 \times 10^6$ Yrs	$4.5 \times 10^9$ Yrs	_____
Specific Activity	231.3 MBq / gm	80011 Bq / gm	12455 Bq / gm	_____
Atom %	0.0054 %	0.72 %	99.275 %	100 %
Weight %	0.0053 %	0.74 %	99.284 %	100 %
Activity %	48.9 %	2.2 %	48.9 %	100 %
Activity in 1gm U. natural	12356 Bq	568 Bq	12356 Bq	25280 Bq
Activity Ratio $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	_____	_____	_____	1.00
Activity Ratio $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$	_____	_____	_____	0.048

## Depleted Uranium DU

## 2.3.1 اليورانيوم المنضب

اليورانيوم المنضب هو المادة المتبقية من سلسلة عمليات تخصيب معدن اليورانيوم الخام وهو يمثل تقريبا 60 % من الإشعاعية المحققة لليورانيوم الطبيعي. يحتوي اليورانيوم المنضب على قليلة من  $U^{234}$  و  $U^{235}$  والتي قد خففت أثناء عمليات الاستنزاف أو التخصيب. ولذلك فإن النواتج الأولية والثانوية من عمليات التخصيب هي كما في الجدول (2-1) (Wise Uranium Project, 2002) :

الجدول (2-1) نواتج عمليات التخصيب

Isotopes	U-234	U-235	U-238
Weapon grade uranium composition	1 %	93.5 %	5.5 %
Depleted uranium composition	0.001	0.25 %	99.8 %

وبعد عمليات التخصيب فإن اليورانيوم المنضب يمكن ان يستخدم كمحرك صاهر في الاسلحة النووية الحرارية. هذا المحرك الصاهر يمنع الإشعاع الحراري من الهروب من الوقود النووي الحراري، لذلك فهو يعمل على تحسين كفاءة الحرق. فيما النيوترونات السريعة ذات الطاقة  $MeV (2.45 \& 14.1)$  الناتجة عن عمليات الصهر تعمل على شطر مذك اليورانيوم المنضب. إن أهم مكونات اليورانيوم المنضب هو  $U^{238}$  والذي يبعث جسيمات الفا بعمر نصف (Half life,  $T_{1/2}$ ) مساوٍ إلى  $4.5 \times 10^9$  Yrs وبفاعلية نوعية تقرب من  $3.4 \times 10^{-7} Ci/gm$ . بينما الفاعلية النوعية للنظير  $U^{235}$  تكون بحدود  $2.2 \times 10^{-6} Ci/gm$  الفاعلية النوعية المركبة لليورانيوم المنضب فإنها تساوي  $4.7 \times 10^{-7} Ci/gm$  وله وليدتان ذوات عمر نصفي قصير هما الثور يوم  $Th^{234}$  و البروناكتينيوم  $Pa^{234}$  بعمر نصف 24.1day و 1.17 m على التوالي واللذان تبعثان اشعة بيتا وكاما الضعيفة (Liolios, 1996) وبسبب هذه العمليات الانحلالية الثابتة، فإن كمية قليلة جدا من هذه الوليدات عادة تكون موجودة في اليورانيوم المنضب. ومن جهة أخرى فإن  $U^{235} (T_{1/2}=7 \times 10^8 Yrs)$  ينحل إلى  $Pa^{231} (T_{1/2} = 3.25 \times 10^4 Yrs)$  والذي يبعث الفا وبيتا وكاما. إن سلاسل الـ  $U^{235}$  و  $Th^{232}$  و  $U^{238}$  تستمر بالانحلال إلى نظائر ذات عمر نصفي طويل نسبيا حتى تستقر عند الرصاص غير المشع  $Pb^{208}$  و  $Pb^{207}$  و  $Pb^{206}$ ، وإذا دخل اليورانيوم المنضب الجسم فإنه يتحلل في داخله إذ يمتلك درجات مختلفة من قابلية الذوبان ويكون خطره



السمي الرئيسي هو التعفن الخلوي (التخثر الخلوي) والفشل الكلوي (CHR, 2000). لقد قام المؤتمر الأمريكي للصناعات الصحية الحكومية (ACGIH) (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) بحساب قيمة الحدود الدنيا للتأثيرات السمية (حد العتبة) (Threshold Limit Value) وكانت  $0.2 \text{ mg} / \text{m}^3$ . وحد العتبة يستند على مبدأ مفاده ان هنالك حد عتبة والذي دونه لا يظهر تأثير صحي محقق، علما بان هناك من يخالف هذا المبدأ وينفي وجود جرعة العتبة، وان الجرعة الإشعاعية مهما كانت قليلة او ضئيلة فان من الممكن ان يكون لها تأثير صحي ضار ولم يحسم هذا الموضوع لحد الان، وتُدعى ايضا " (Time Weighted - average value) حيث إن هناك معدل يؤخذ لكل 8 ساعات عمل يوميا و 40 ساعة عمل اسبوعيا" على طول فترة العمل (Liolios, 1996). والجدول (3-1) يبين نسب نظائر اليورانيوم في اليورانيوم المنضب.

الجدول (3-1) خواص نظائر اليورانيوم في اليورانيوم المنضب

Isotopes Properties	$\text{U}^{234}$	$\text{U}^{235}$	$\text{U}^{238}$	Total
Weight %	0.000897 %	0.2 %	99.799 %	100 %
Activity %	14.2 %	1.1 %	84.7 %	100 %
Activity in 1gm of DU	2076 Bq	160 Bq	12420 Bq	14656 Bq
Activity ratio $\text{U}^{234} / \text{U}^{238}$				0.18
Activity ratio $\text{U}^{235} / \text{U}^{238}$				0.013

### 3.3.1 التعرض لليورانيوم واليورانيوم المنضب:

#### Exposure to Uranium & Depleted Uranium

إن معدل تناول او دخول اليورانيوم في جسم الإنسان هو بحدود  $460 \mu\text{g} / \text{yr}$  عن طريق الابتلاع، و  $0.59 \mu\text{gm}$  تقريبا عن طريق الاستنشاق. وتحت جميع الظروف، فان استخدام اليورانيوم المنضب يمكن ان يساهم في مستويات الخلفية الإشعاعية الطبيعية لليورانيوم في البيئة وعليه فإن الجزء الأكبر من التعرض لليورانيوم المنضب يتأتى من الحروب التي تستخدم فيها ذخيرة اليورانيوم المنضب وقد قام برنامج الامم المتحدة للبيئة (United Nations Environment Program, UNEP) بإجراء قياسات موضعية للعديد من

المناطق في كوسوفو بعد الحرب إذ أشارت كلها إلى أن تلوث البيئة باليورانيوم المنضب قد انتشر لبضعة أطنان مترية حول المنطقة المقصوفة، وأن مستوى الخلفية الإشعاعية قد ارتفع بصورة واضحة نتيجة لاستخدام تلك القذائف الحاوية على اليورانيوم المنضب. وخلال الأيام والسنوات التي تلت تلك الأحداث انتشر التلوث إلى مناطق واسعة من البيئة الطبيعية حيث الناس الذين يعيشون ويعملون في المناطق المتأثرة يمكن أن يستنشقوا الغبار الملوث ويتناولوا الطعام والماء الملوثين (WHO, 2001).

#### 4.3.1 منفذ (مدخل) اليورانيوم المنضب Intake of depleted uranium

إن دخول اليورانيوم المنضب إلى جسم الإنسان والكائنات الحية يمكن أن يحدث إذا كان الماء الذي يشربه والطعام الذي يتناوله ملوثين باليورانيوم المنضب، كما أن ابتلاع الأطفال للتراب خلال فترة نقص الفيتامينات (حالة تناول التراب والطين والطباشير، الخ) أو وضع أيديهم داخل أفواههم يعد وسيلة مهمة لانتقال اليورانيوم المنضب إلى داخل الجسم. أما الدخول بواسطة الاستنشاق فيمكن أن يحدث عندما تنتشر ذرات الغبار الحاملة لليورانيوم المنضب نتيجة لهبوب الرياح، وكذلك الاستنشاق الذي يتم أثناء حوادث تحطم الطائرات أو المركبات الحاملة ل ذخيرة اليورانيوم المنضب أو نتيجة للحرائق التي تحدث في مخازن اليورانيوم. وهناك إمكانية لدخول اليورانيوم إلى داخل الجسم من خلال الجروح الملوثة بسبب الشظايا التي تصيب أنسجة الجلد وهذا يؤدي إلى وصول اليورانيوم المنضب إلى جميع أعضاء الجسم (Lopez, 2000) (Wise Uranium Project, 2002).

#### 5.3.1 امتصاص اليورانيوم المنضب Absorption of DU

إن أكثر من 90 % من اليورانيوم الداخل إلى الجسم يتم طرحه عن طريق الجهاز الهضمي. أما اليورانيوم الممتص من قبل الدم فإن ما يقارب 67 % منه يصفى في الكليتين ويطرح مع البول خلال 24 ساعة، وإن معدلات امتصاص اليورانيوم الموجود في الطعام والماء تكون بحدود 2 % لمركبات اليورانيوم الدائبة وتخفض إلى 0.2 % للمركبات غير الدائبة (UIC, 2002).

## Radon Gas

## 4.1 غاز الرادون

الرادون هو أحد عناصر الجدول الدوري ويقع ضمن مجموعة العناصر النبيلة (كالهيليوم والنيون والزينون وغيرها).  $9.7 \text{ Kg/m}^3$  ودرجة غليانه  $61.8^\circ \text{C}$  - ودرجة إنجماده  $71.0^\circ \text{C}$  - وهو غاز مشع عديم اللون والرائحة وهذه الخواص تصعب عملية الكشف عنه. ويعد الرادون من أثقل الغازات المعروفة في الطبيعة، فعدده الذري 86 والعدد الكتلي لنظيره الأكثر استقرارا هو 222.

اكتشف غاز الرادون عام 1900 من قبل العالم دورن (F.E Dorn) في أملاح الراديوم واطلق عليه اسم فيض الراديوم Radium Emanation. يتولد غاز الرادون  $\text{Rn}^{222}$  التلقائي Spontaneous Decay لعنصر الراديوم  $\text{Rn}^{226}$  والذي يتواجد في القشرة الأرضية بنسبة  $10^{-11} \%$ . إن وجود الراديوم في منطقة ما في الطبيعة يعتمد على وجود اليورانيوم  $\text{U}^{238}$  والذي يقدر الجيولوجيين وجوده في القشرة الأرضية بنسبة  $3 \text{ ppm}$ ، وبما أن الراديوم هو المصدر الرئيسي للرادون في الطبيعة وعمره النصفى يساوي  $1600 \text{ Year}$ ، وعليه يتوقع وجود الراديوم في جميع الخامات التي تحتوي على  $\text{U}^{238}$  الذي لا يتوزع بصورة متجانسة في المناطق الجيولوجية المختلفة، لذا فهناك مناطق تكاد تكون خالية من هذا العنصر في حين توجد مناطق أخرى تحتوي على تراكيز عالية من الخامات التي تحتوي على هذا العنصر مما يؤثر بـ ملموس على تراكيز الرادون من منطقة لأخرى لكونه يتسرب ويتحرر بشكل طبيعي من الأرض والمياه الجوفية إلى الجو. ويقدر المختصون أن مايكروغرام واحد من الراديوم  $\text{Ra}^{226}$  يمكن أن ينتج ما مقداره  $0.0001 \text{ ml}$  من غاز الرادون  $\text{Rn}^{222}$  تحت الظروف الاعتيادية من الضغط والحرارة (Sims, 1998).

وكما هو معروف فإن العناصر الموجودة في الطبيعة تنتمي إلى أربع سلاسل انحلال Decay Series رئيسية هي الثوريوم  $\text{Th}^{232}$  والنبوتونيوم  $\text{Np}^{237}$  واليورانيوم  $\text{U}^{238}$  والاكينيوم  $\text{Ac}^{227}$ ، وأن كل من هذه السلاسل المذكورة، عدا النبوتونيوم لنفاده من الكرة الأرضية، تمر عند انحلالها بأحد نظائر الرادون الثلاثة المهمة وهي:

١ - الاكتينون: هو نظير الرادون  $\text{Rn}^{219}$  وينتمي إلى سلسلة الاكتينيوم  $\text{Ac}^{227}$ . ويبلغ عمره النصفى  $4 \text{ Sec}$  ويتواجد بنسبة قليلة جدا وذلك بسبب قلة تواجد اليورانيوم  $\text{U}^{235}$  (أقل من 1 %)، وعمره النصفى قصير قياسا باليورانيوم  $\text{U}^{238}$ . إن سلسلة الانحلال هذه تشكل حوالي (0.72 %) من الإشعاع الطبيعي.

ب - التورون: وهو نظير الرادون  $Rn^{220}$  وينتمي إلى سلسلة الثوريوم  $Th^{232}$ . ويبلغ عمره النصفى  $55 \text{ Sec}$  يعد التورون أكثر نظائر الرادون غزارة بسبب وفرة الثور يوم العالية مقارنة باليورانيوم ولكنه يختفي من الجو بسرعة بسبب عمره النصفى القصير.

- الرادون: هو نظير الرادون  $Rn^{222}$  والذي ينتمي إلى سلسلة اليورانيوم  $U^{238}$  ويعد هذا النظير الأطول عمرا من بين نظائر الرادون إذ ان عمره النصفى يساوي  $3.825 \text{ day}$  يزيد من قابليته على الانتشار لمسافات غير قليلة في الجو على الرغم من كونه ينبعث من التربة بكميات أقل بكثير من التورون.

### Detection of Radon Gaz

#### 1.4.1 الكشف عن غاز الرادون

يتميز غاز الرادون بكونه غازا مشعا لذا فان عملية الكشف عنه وقياس تراكيزه في المواد (كالهواء والتربة والمياه، الخ) سوف تستند بصورة رئيسية إلى استخدام الكواشف النووية وهذه الكواشف على نوعين :

1 - الكواشف السلبية Passive Detectors: وهي كواشف لا تحتاج في تشغيلها الى القدرة الكهربائية مثل كواشف الاثر النووي الصلبة (SSNTD's) ولها القابلية على تسجيل اثار جسيمات الفا الناتجة من انحلال الرادون بصورة مباشرة دون اي فعل من المستخدم او تدخل من الاجهزة (CMHCHC, 1997).

2 - الكواشف الفعالة Active Detectors: وهي عكس الصنف الاول إذ انها لا تستغني عن القدرة الكهربائية أثناء عملها وتنتمي كواشف اشباه الموصلات الى هذا النوع.

إن كلا الصنفين اعلاه يمتازان بحساسيتهما العالية لجسيمات الفا التي تتبع من الرادون إلا ان الصنف الاول من الكواشف في اعلاه يكون مفضلا عن الصنف الثاني في حالة القياسات طويلة الامد او التي تجري في ظروف بيئية قاسية او في اماكن بعيدة لا تتوفر فيها القدرة الكهربائية .

#### 2.4.1 المخاطر الصحية للرادون ووليداته

منذ قرون عدة وجد ان عددا كبيرا من العاملين في مناجم استخراج الفحم والمعادن المختلفة في بعض المناطق من العالم وبشكل خاص في مناطق شرق اوربا يعانون من امراض معينة في الرئة والتي لم يتم تشخيصها كحالة من حالات سرطان الرئة إلا في فترة متأخرة وقد اظهرت الدراسات التي اجريت في الخمسينات من القرن الماضي وبعدها ان الجرعات الإشعاعية المسببة لسرطان الرئة لدى اولئك العاملين لم تكن بسبب استنشاق غاز الرادون فحسب بل بسبب تراكم نواتج تحلله من باعقات جسيمات الفا ذات العمر النصفى القصير والتي تلتصق عادة بجسيمات الغبار المنتشرة في اجواء المناجم ( الوندأوي، 1999). ونظرا لكون جسيمات الفا

المنبعثة من الرادون تعد من الجسيمات الثقيلة والمشحونة فإنها تحدث عند تصادمها مع ذرات الخلايا المكونة لأنسجة وأعضاء الجسم تأثيرات واضطرابات هائلة فيها فضلا عن التأثيرات الكيميائية على المستوى الجزيئي. ويقدر متوسط طول مسار جسيمات الفا في الأنسجة الرخوة بحدود  $40 \mu m$  ، كما إن طاقتها التأينية تزيد باكثر من الف مرة على طاقة جسيمات بيتا وهي بذلك تكون أكثر تدميرا للأنسجة البشرية، ومن هنا تأتي مخاطر التعرض للرادون  $Rn^{222}$  ونواتج . وعلى الرغم مما تقدم فإن جزءا من الجرعة المكافئة الفعالة السنوية التي يتعرض لها الأشخاص المتواجدون في بيئة ذات خلفية إشعاعية اعتيادية تقدر بحدود  $2 mSv$  في العام، وهذا يأتي بسبب استنشاق الإنسان للرادون  $Rn^{222}$  بمعدل  $0.8 mSv$  (نجم، 1997).

إن اعدادا متزايدة من حالات سرطان الرئة يتم تشخيصها بين العاملين في مناجم استخراج اليورانيوم وبخاصة المغلفة منها والموجودة تحت سطح الأرض، ونظرا لسلوكية غاز الرادون ووليداته لا يمكن استبعاد احتمال إصابة العاملين بسرطان الرئة في المناجم المفتوحة أيضا وحتى ضمن العاملين في الأنواع المتطورة من المناجم التي تستخدم تقانة استخراج المعادن بطريقة الدوبان باستعمال المحاليل، إذ يتم إداية واستخرج المعادن من تحت سطح الأرض ومن ثم ضخها الى السطح. ومن الجدير بالذكر إن هذه التقانة محدودة جدا في الوقت الحاضر ولكن يتوقع انتشارها في المستقبل لأسباب عديدة وبشكل خاص ما يتعلق منها بتوافر الجوانب المتعلقة بالسلامة المهنية والأمان (Sims, 1998).

وينبع الاهتمام الواسع بالرادون كملوث إشعاعي بيئي وصناعي من كونه مصدرا خطرا على صحة العاملين في المناجم والانفاق وعلى صحة العامة من الناس على حد سواء بسبب اتساع نطاق انتشاره في التربة ومواد البناء والمياه الجوفية بما في ذلك مياه الابار والينابيع المعدنية وكذلك لا تخلو مياه شبكات إسالة المياه في بعض المناطق من هذا الغاز.

وعلى الرغم من كون المعايير الخاصة بالتعرض لغاز الرادون قد اعلنت لجمهور الناس منذ عام 1960، إلا ان الاهتمام بالرادون كعامل إشعاعي خطر ملوث للبيئة وله تأثيرات صحية ضارة على الإنسان لم يأخذ مداه المطلوب إلا في منتصف السبعينات من هذا القرن عندما أصبح في متناول الباحثين والمهنيين أجهزة متطورة قادرة على تحسس الرادون بتركيز مختلفة. وبقدر تعلق الامر بالمساكن والابنية وغيرها فقد تم التأكيد على التصاميم التي تضمن مقاومة الانقلابات المناخية، والتي من اهم خصائصها المحافظة على أجوائها الداخلية من خلال التحكم في عمليات التهوية وخفض معدلاتها الى الحدود الدنيا المقبولة وفق المعايير السائدة. ولغرض الإيضاح

نذكر ان معدل التهوية في اماكن الإقامة يتراوح بين (0.5-1.5) مرة تغيير هواء في الساعة (Wise Uranium Project, 2002) (CMHCHC, 1997).

### 3.4.1 فوائد غاز الرادون واستخداماته

إن من اهم فوائد غاز الرادون واستخداماته هي:

1 - **التنقيب عن اليورانيوم:** إن الاساس العملي الذي تبنى عليه هذه الطريقة هو ان اليورانيوم يمثل النواة الام (Parent Nucleus) الرئيسة التي ينحدر عنها غاز الرادون، فهو يتولد من تحلل الراديوم الذي هو بالاساس من نواتج تحلل سلسلة اليورانيوم. لذا فان رصد الرادون بتراكيز عالية قرب سطح الارض هو دليل على وجود خام اليورانيوم عند عمق معين، ولكن كيف يمكن للرادون ان يتصاعد بغزارة الى سطح الارض التي يتواجد تحتها اليورانيوم دون ان تنخفض تراكيزه بشدة عالية نتيجة لتحلله الإشعاعي داخل الارض، إذ ان له عمر نصفي يبلغ 3.825 day ومعدل عمر يبلغ 5.5 day وكلاهما قصير نسبيا ؟ إن ذلك يعزى الى ثلاثة عوامل اساسية تؤثر على انتقال غاز الرادون داخل الارض وهم :

ا - خمول الغاز كيميائيا اي لا يتفاعل مع ذرات الوسط المحيط، لذا فان تراكيزه لا تتناقص عند انتقال الغاز خلال الارض (نجم، 1997).

ب - مسامية ونفاذية الارض، إذ إن انتقال غاز الرادون في الارض عالية المسامية يكون سهلا. - التدرج الحراري (Heat gradient)، وهو التغير في درجة حرارة الارض المرافق للتغير في العمق عن سطحها ( الوندائي، 1999).

2 - **في التنقيب عن النفط والغاز:** إن قياس تراكيز عالية لغاز الرادون قرب سطح الارض هو دليل على وجود خامات هايدروكربونية إضافة الى وجود خامات اليورانيوم، إذ ان الغازات التي تتسرب عن الخامات البترولية تتحرك نحو الاعلى محدثة بذلك جريانا تصاعديا (Up flow) قرب سطح الارض حيث يقاس الرادون، وهكذا فان قياس تراكيز غاز الرادون قرب سطح الارض قد يدل وبصورة غير مباشرة على وجود خامات النفط والغاز عند عمق معين في باطن الارض (CMHCHC, 1997).

3 - **في التنبؤ عن الزلازل والبراكين:** إن حدوث الزلازل والبراكين يكون عادة مصحوبا بزيادة فجائية لتراكيز الرادون قرب سطح الارض وخصوصا في الفترة التي تسبق حدوث الزلازل البركانية. مما يجعل من الرادون عاملا مهما في عملية التنبؤ بهذه الكارثة الخطيرة نتيجة لحدوث انضغاطات وتوسعات وإجهادات في القشرة الارضية والتي بدورها تؤثر على مناسيب جريان

المواقع في مسامات القشرة الارضية، مما يؤدي إلى زيادة تراكيز غاز الرادون عن مستوياتها السابقة بصورة ملحوظة (Planinic *etal.*, 2000).

4 - في تحديد تراكيز بعض المواد المشعة التي تبعت غاز الرادون: فمثلا يمكن تحديد تراكيز المواد المشعة في المساكن والبنائيات وهواء الغرف حفاظا على الصحة العامة للسكان، وكذلك في المواد الغذائية حيث تعد الأكثر أهمية، مثل التبوغ والشاي ومساحيق التنظيف ومعاجين الاسنان السخ (الجزراوي، 1999) (الجبوري، 1999) (Khan *etal.*, 1988) (عقراوي، 2002).

#### 4.4.1 طرائق حساب تراكيز الرادون

تنقسم طرائق حساب تراكيز الرادون الى طريقتين اساسيتين اولاهما طريقة القياس قصيرة الامد إذ يتم حساب تراكيز الرادون انيا من خلال مراقبة التغيرات في مستوى انبعاث الرادون للمواقع الجيولوجية وفي التنبؤ عن الزلازل والبراكين ويستخدم في هذه الطريقة العداد التناسبي او العداد الوميضي وحجرات التاين لقياس جسيمات الفا اما الثانية فهي طريقة القياس طويلة الامد ويستخدم فيها كواشف الاثر النووي الصلبة (SSNTD's) وتعد هذه الطريقة أكثر كفاءة في القياس إذ تصل الدقة فيها حتى إلى ppb في قياس تراكيز الرادون ووليداته. ومن الكواشف المستخدمة في هذه الطريقة، كاشف CR-39 و LR-115 type II والماكر وفول PM-355. يجري تطبيق هذه الطريقة بتقنيتين؛ الاولى تكون فيها الكواشف مكشوفة عند التشعيع حيث يتم تعريض الكاشف للهواء وبذلك تتمكن جسيمات الفا المنبعثة من الرادون ومن جميع العناصر المشعة الموجودة في الهواء من الاصطدام بالكاشف تاركة فيه اثارا على شكل مناطق . وتستخدم هذه التقنية في حساب تراكيز الرادون داخل الابنية وهواء الغرف والاماكن المغلقة. اما في التقنية الثانية فيتم وضع الكواشف في حجرات انتشار مغلقة Sealed Diffusion Chamber ذات شكل اسطوانى او شبه مخروطي، إذ توضع الكواشف بصورة مواجهة للعينة المراد قياس تركيز الرادون فيها وتغلق بإحكام لمنع تسرب او تبادل الهواء مع المحيط. وبعد انتشار غاز الرادون داخل الحجرة ينحل باعثة جسيمات الفا وحصول حالة توازن بينه وبين وليداته يتم السماح للكاشف بالتعرض للعينة وان نسبة ترسب وليدات الرادون على جدران الحجرة تعتمد على ابعاد (نصف القطر وارتفاع) تلك الحجرات. لقد وجد ان اقل نسبة لوليدات الرادون هي عندما يكون نصف قطر الحجرة الاسطوانية بحدود 1.4cm وان افضل ابعاد لمنظومة التشعيع هي عندما تكون المسافة بين سطح العينة والكاشف اكبر من 7cm (Barillon *etal.*, 1991) ومن الجدير بالذكر ان نسبة الاثار الناتجة

عن الثورون تشكل بحدود  $(60 - 55)\%$  سبة الآثار الناتجة عن الرادون بحدود  $(45 - 40)\%$ ، لذا من الضروري عند قياس الرادون العمل على منع وصول الثورون إلى الكاشف. إن الرادون والثورون هما نظيران للعنصر نفسه (ولكنهما يعودان إلى سلسلتي انحلال مختلفتين)، فإن فصلهما عن بعضهما يمكن أن يتم فقط على أساس الاختلاف الكبير في معدلات التحلل لكل منهما ويمكن إهمال وجود الثورون عن طريق إعاقة انتشاره من خلال استخدام غشاء بوليمري أو طبقة رقيقة من الرمل أو على أساس المسافة بين الكاشف والعينة. وكذلك يمكن التمييز بين الرادون والثورون عن طريق الآثار المتكونة بواسطة جسيمات الفا المنبعثة منهما إذ أن الاقطار العائدة للرادون تكون أكبر من الآثار العائدة للثورون لأن طاقة جسيمات الفا المنبعثة من الثورون  $6.29 \text{ MeV}$  أكبر من معدل طاقة جسيمات الفا المنبعثة من الرادون  $5.485 \text{ MeV}$ .

#### 5.4.1 الهدف من البحث

إن هدف الدراسة الحالية هو تحديد تراكيز اليورانيوم المنضب في عينات من بقايا ومخلفات الدبابات والمعدات العسكرية التي تعرضت للقصف في حرب الخليج الثانية وذلك باستخدام تقنيتي كاشف الاثر النووي CR-39 وكاشف الجرمانيوم عالي النقاوة HPGe. كما هدفت الدراسة إلى الكشف والتأكد على احتواء القذائف على اليورانيوم المنضب من خلال تحديد تراكيز اليورانيوم فيها ومقارنتها مع الخلفية الإشعاعية. احتوت الرسالة على خمس فصول، إشمئل الفصل الأول على التلوث باليورانيوم المنضب، والفصل الثاني على الدراسات السابقة وكواشف الاثر النووي. إما الفصل الثالث فقد تطرق إلى كواشف اشعة كاما، والفصل الرابع احتوى على الجزء العملي والحسابات، إما النتائج والمناقشة فقد ذكرت في الفصل الخامس.



# الفصل الثاني

## الدراسات السابقة

### وكواشف الاثر النووي

## الفصل الثاني

### استعراض الدراسات السابقة

#### 1.2 استعراض الدراسات السابقة لاستخدام كاشف CR-39

إن مبدا الكواشف الصلبة قد اكتشف من قبل العالم يونك في عام 1958 والذي كان يعمل في ابحاث الطاقة الذرية في بريطانيا إذ لاحظ ان بلورة فلوريد الليثيوم إذا وضعت بتماس مع رقائق اليورانيوم وعرضت للنيوترونات الحرارية فإن عددا من الآثار تظهر عليها بعد معاملة بالمحاليل الكيميائية (Tsuruta, 2002). وقد شاهد العالمان (Silk and Barnes, 1959) الآثار المتخلفة على مادة كواشف المايكا نتيجة لشظايا الانشطار المتولدة عند تعرض هذه الكواشف لنيوترونات حرارية كونها مطلية بطبقة من اليورانيوم. وقد طور (Fleicher *et al.*, 1965) ما توصل إليه Silk and Barnes وقدموا نوعا جديدا من الكواشف سميت بكواشف الآثار النووي الصلبة (Solid State Nuclear Track Detectors, SSNTD's) وبينوا ان نواتج الانشطار في المايكا يمكن إظهارها بواسطة عملية القشط بمحلول HF وملاحظة الآثار بالمجهر البصري. لقد بين (Price and Walker, 1962) و (Fleicher *et al.*, 1965) إمكانية استخدام SSNTD's كمجراع نيوتروني باستخدام المايكا والزجاج والبولي كاربونايت كمواضع كاشفة. وقد نشر بيكر عام (1966) بحثا عن استخدام فوسفات الزجاج المصنوعة من قبل شركة توشيبا اليابانية المحدودة كمقياس جرع زجاجي متفلور (Tsuruta, 2002).

لقد استخدمت الكواشف في العديد من المجالات التطبيقية وبخاصة في إيجاد تراكيز في الكثير من المجالات (مواد غذائية، اترية، مياه، الخ) ومن ثم إيجاد تراكيز اليورانيوم لمعرفة مدى الاخطار المحدقة بالحياة والبيئة. فقد أجرى (Fleicher and Morgo - Compero, 1978) مسحا لتراكيز الرادون المنبعث من سطح الارض وذلك لتحديد هجرة الغازات ولمسافات طويلة باستخدام الكاشف CR-39 وبطريقة تقنية الحجر المخروطية والاستفادة من النتائج كإشارة أو إنذار للتنبؤ بحدوث الزلازل وكذلك الكشف عن اليورانيوم، فيما درس (Abu jarad and Fremlin, 1980) نشاط جسيمات الفا داخل البيوت باستخدام تقنيتين مختلفتين وهما جامع الهواء Air Sampler وتقنية القذح Can Technique وذلك باستخدام كاشفي الآثار CR-39 ونترات السليولوز LR-115.

اما (Khan *et al.*, 1980) فقد انجزوا دراسة تجريبية للكشف عن الرادون باستخدام كواشف الآثار النووي من اجل البحث عن اليورانيوم باستخدام تقنية الحجر الاسطوانية وذكروا

العوامل التي يجب الأخذ بها عند إجراء مثل هذا النوع من الدراسات حيث لخصوا هذه العوامل بتأثير الأبعاد الهندسية وموقع الكاشف وتأثير زمن التعرض والظروف البيئية على عدد الآثار المسجلة. وقد قام (Geraldo and Tanak, 1980) من البرازيل بتسجيل شظايا الإنشطار باستخدام كاشف الماكروبول الصلب KG Macrofol لتقدير تراكيز اليورانيوم في نماذج عديدة من الماء والشعر والإدرار والنماذج النباتية.

لقد توصل كل من (Chakarvarti and Nand Lal, 1980) و (Khan *etal.*, 1988) و (Henshaw and Allen, 1994) وبوساطة الكشف البصري لآثار الإشعاع في كواشف الآثار النووي الصلبة إلى إيجاد التراكيز الفعالة لليورانيوم الموجودة في عينات مختلفة من التربة ومياه معدنية وفي التبوغ والشاي ومسحوق تنظيف الأسنان. وكذلك استطاع (Khan *etal.*, 1988) أيضا إجراء دراسة لتحديد محتوى الرادون في عينات من التبوغ والشاي ومسحوق تنظيف الأسنان باستخدام الكاشف CR-39 وباعتماد تقنية القذح، إذ وجد أن محتوى الرادون بحدود  $mBq/l$  (14.6 - 89.91) للتبوغ و  $mBq/l$  (27.38 - 41.81) للشاي وبحدود  $mBq/l$  (26.27 - 41.3) لمسحوق تنظيف الأسنان. فيما قام كل من (Sinch and Vrk, 1987) و (Jonsson, 1991) و (Tell *etal.*, 1994) بتحديد تراكيز الرادون في الابنية الداخلية والتربة وصخور الاديم Bedrocks في السويد باستخدام كواشف الآثار النووي (LR-115, CR-39) وقد أظهرت النتائج أن التركيز يعتمد على الخصوبة والإرتفاع عن مستوى سطح الأرض واتجاه الريح والمواد الموجودة في العينات المدروسة. كما استخدم كل من (Barillon *etal.*, 1991) كاشفي الآثار CR-39 و LR-115 أيضا لقياس انبعاث الرادون فضلا عن تقنية العداد الوميضي إذ تمكن الباحثون من تحديد مستويات الرادون في مدينة lamalou les bains في فرنسا.

لقد وجد (Abu Murad *etal.*, 1994) أن معدل تركيز غاز الرادون داخل المساكن في بعض مناطق الأردن يساوي  $5.33 Bq/m^3$  باستخدام كاشف CR-39. واستخدم (محيميد وسليمان، 1995) كاشف الآثار CR-39 في التمييز بين الطاقات المختلفة لجسيمات الفا المنبعثة من مصدر الأمريشيوم  $Am^{241}$  والموهنة باستخدام ألواح من الألمنيوم المختلفة الاسماك. ثم قام (الجميل، 1996) بالكشف عن اليورانيوم المنضب في تربة أخذت من مواقع عمليات ام المعارك (حرب الخليج الثانية)، إذ تم تحديد نسبة تركيز اليورانيوم من خلال تحديد الرادون  $Rn^{222}$  باعتماد الكاشف CR-39 واستخدام تقنية انابيب الاختبار. لقد اشارت النتائج التي تم الحصول عليها ان هناك زيادة ملحوظة في تركيز اليورانيوم في موقعي محافظتي

المتى  $15.6 \text{ ppm}$  ودي فار  $26.4 \text{ ppm}$  إذ كانت قوات الحرس الجمهوري متركزة في هاتين المحافظتين، في حين وجد ان معدل تركيز اليورانيوم في بقية المواقع تقريبا بحدود  $6.73 \text{ ppm}$ .

كما قام (النعمي، 1997) بإيجاد تراكيز اليورانيوم من خلال إيجاد تراكيز الرادون في الصخور المستخدمة في تصنيع السمنت العراقي في محافظة نينوى والماخوذة من مقالع سنجار وحمام العليل وبادوش بإستخدام الكاشف CR-39 وقد وجد ان تركيز اليورانيوم لمقلع سنجار  $1.25 \text{ ppm}$  اكبر من تركيزه في مقلعي بادوش وحمام العليل  $0.31, 0.2 \text{ ppm}$  على التوالي.

وقام (الجزراوي، 1999) بتحديد تراكيز الرادون في انواع مختلفة من التبوغ المحلية والاجنبية بإستخدام الكاشف CR-39 واستخدام حجلات اسطوانية الشكل باعتماد طريقة القياس طويلة الامد، وقد اظهرت النتائج ان محتوى الرادون في التبوغ المحلية يتراوح من  $72.28 - 123.2 \text{ Bq/m}^3$  اما محتوى الرادون في تبوغ السكاكر الاجنبية فقد تراوح بين  $38.41 - 227.92 \text{ Bq/m}^3$ .

ولتحديد تراكيز الرادون في انواع مختلفة من الشاي المستورد والمستخدم في الاسواق المحلية في مدينة الموصل في العراق باستخدام كاشف CR-39 فقد وجد (الجبوري، 1999) ان محتوى الرادون في انواع العينات المستخدمة كان بحدود  $24 - 51 \text{ Bq/m}^3$  بينما كان محتوى الرادون يقرب من  $0.051 - 0.111 \text{ Bq/Kgm}$  وقد تم اختبار بعض العينات بعد غلي الشاي واطهرت النتائج ان تركيز غاز الرادون كان بحدود  $32 - 42 \text{ Bq/m}^3$  ومحتوى الرادون كان بحدود  $0.01 - 0.14 \text{ Bq/Kgm}$ .

وفي المؤتمر الخاص بالكواشف الصلبة (Nuclear Tracks in Solids) نشر الباحثون (Sadowska *et al.*, 2000) بحثا عن إمكانية استخدام كاشف الاثر النووي CR-39 لتسجيل اثار ايونات الليثيوم ذات الطاقة الواطنة وذلك بإستخدام معجل لرفع طاقة الايون إلى  $25 \text{ keV}$  لكي يتم تسجيله في هذا الكاشف لان له القدرة على تسجيل الطاقات الاعلى من  $20 \text{ keV}$  تقريبا وبذلك تمكنوا من توسيع استجابة الكاشف. وفي المؤتمر نفسه قام كل من (Virk and Srivastava, 2000) بنشر بحث عن تغيير او تحويل الاستجابة البصرية والكيميائية والتركيبية لكاشف CR-39 المشع بايونات الليثيوم  $50 \text{ keV}$  إذ ذكروا فيه ان التشعيع في البوليمرات يحطم التركيب الابتدائي بكسر وشق الاواصر الرابطة وانبعاث الذرات والجزيئات وهذا يقود إلى تغيير في الخواص مثل الكثافة والتوصيلية والإمتصاص البصري وتوزيع الوزن الجزيئي وقابلية الذوبان.

لقد تمكن كل من (Flesch *etal.*, 2001) من استخدام كاشف CR-39 وذلك بتحديد مسار وشحنة الايون وشظاياه في الكاشف باستخدام ايونات السليكون بطاقة  $490 \text{ MeV}$  . كما اشار (Barioni *etal.*, 2001) إلى تحديد تراكيز اليورانيوم في اغذية مدينة ساوباولو في السويد إلى ان الإنسان يستطيع التعامل مع الإشعاع إما داخليا او خارجيا عن طريق الهضم او الاستنشاق للمواد المشعة او نواتجها. فقد تم حساب تراكيز اليورانيوم في مدينة ساوباولو باستخدام تقنية الانشطار وذلك بتشيع بعض عينات من الاغذية بالنيترونات من مفاعل (IEAR-1) وتسجيل الآثار الناتجة عن انشطار اليورانيوم باستخدام كاشف الماكروبول E وحسابها بواسطة مجهر بصري. وقد استنتجوا ان الرز والخس هي من الاغذية التي تحتوي على تركيز عالٍ من اليورانيوم.

## 2.2 استعراض الدراسات السابقة لطريقه تحليل طيف اشعه كاما

نشر كل من (Saleh and Meqwar, 1995) بحثاً تناول موضوع التأثيرات الناجمة عن استخدام قذائف اليورانيوم المنضب من قبل قوات التحالف على الكائنات الحية وطبقات الجو في المنطقة الجنوبية من العراق. وقد تم اختيار ستة مواقع لدراسة معدل التعرض الخارجي للإشعاع كاما، وهذه المواقع هي (البصرة والزيبر وصفوان وجبل سنام وحقلي الرميلى الشمالي والجنوبي). حيث جمعت 154 عينة بايولوجية (نبات، انسجة حيوانية) و 128 عينة ترابية و 60 عينة ماء من تلك المناطق. وقد تم استخدام تحليلات طيف اشعة كاما للعينات النباتية التي اشارت إلى وجود بعض نظائر اليورانيوم  $^{238}\text{U}$  % 36.4 في النماذج التي جمعت من منطقة الدراسة. بعض العينات النباتية الشادة بينت انها تحمل تراكيز عالية من  $^{234}\text{Th}$  و  $^{226}\text{Ra}$ . وإن اقل تركيز للراديووم والتوريوم كان بحدود  $62, 28 \text{ Bq/Kgm}$  على التوالي، وإن اعلى تركيز كان  $249, 275 \text{ Bq/Kgm}$ . في حين عينات اخرى لوئت بالبزموت  $^{214}\text{Bi}$  والبولونيوم  $^{214}\text{Po}$  وبتركيز من (3 - 1) مرة اعلى من الخلفية الإشعاعية.

اما (Al-Azzawi *etal.*, 1999) فقد قام بقياس الارتفاع في إشعاعية بعض المناطق المختارة للدراسة في المنطقة الجنوبية من العراق وهم (صفوان والزيبر وجبل سنام وحقلي الرميلى الشمالي والجنوبي). إذ تم جمع عينات من التربة والماء والانسجة الحيوانية والنباتية وقد انجزت التحليلات والقياسات في مختبر قسم علم الإشعاع البيئي في منظمة الطاقة الذرية باستخدام تقنية تحليل طيف اشعة كاما بكاشف الجرمانيوم عالي النقاوة HPGe إذ وجد ان هنالك زيادة في تركيز نظير التوريوم  $^{234}\text{Th}$  يصل إلى  $65200 \text{ Bq/Kgm}$  وفي التربة المحيطة بالدبابات المدمرة بأسلحة اليورانيوم المنضب ووجد ان مستويات الراديووم  $^{226}\text{Ra}$  لخمس عينات من التربة هي اعلى من مستوى الخلفية الإشعاعية إذ تتراوح بين  $995 - 36205 \text{ Bq/Kgm}$  وبعض النماذج وجد فيها تركيز  $^{214}\text{Pb}$  و  $^{214}\text{Bi}$  اعلى بثلاث مرات من المستويات الطبيعية.

كما قام مجموعة من الباحثين في قسم الفيزياء بكلية العلوم في جامعة نوفي ساد في يوغسلافيا (Bikit *etal.*, 2001) بتحديد تراكيز اليورانيوم المنضب لمجموعة من النماذج البيئية في مختبر نوفي ساد للتحليلات ذات المستوى الواطئ، إذ تم تحليل مائة عينة بيئية (تربة، نباتات، ماء، طعام) جمعت بعد الحرب في يوغسلافيا سنة 2001. وقد تم قياس النوى المشعة في هذه العينات بواسطة القطب الكهربائي المعكوس GMX وكاشف نوع HPGe مصنوع من قبل ORTEC وبكفاءة محسنة تحت  $100 \text{ keV}$  إن الكفاءة الذاتية لهذا

الكاشف بحدود 32 % وقدرة الفصل حوالي  $1.9 \text{ keV}$  ولهذا الكاشف طبقة رقيقة من الحديد على السطح الخارجي ونافذة دخول من البريليوم. وقد تم معايرة هذا الكاشف باستخدام مصدر مشع معلوم وبشكل اسطواناني. إن المحتوى الواطئ لـ  $U^{235}$  في اليورانيوم المنضب يمكن ان يكشف بمطياف اشعة كاما وذلك بتحديد النسبة بين  $(U^{235} / U^{238})$ . إذ ان نسبة الـ  $U^{235}$  اليورانيوم المنضب تكون اقل من نسبته في اليورانيوم الطبيعي، وان الانخفاض في هذه النسبة  $(U^{235} / U^{238})$  يدل على وجود اليورانيوم المنضب. ان العمليات النووية والكيميائية لليورانيوم الطبيعي تحطم التوازن الإشعاعي بين  $U^{238}$  و  $Ra^{226}$ . وان الفرق بالفعالية او الإخلال بالتركيز يعطي تركيز الفعالية لليورانيوم المنضب.

$$A(U^{238}) - A(Ra^{226}) = A(DU)$$

وقد بينت النتائج غياب اليورانيوم المنضب في العينات التي اخذت من منطقة نوفو ساد وان العينات الملوثة باليورانيوم المنضب كانت كلها من الجزء الجنوبي من صربيا .

وقام كل من (Gavshin & Miroshnichenko, 2000) الباحثان في المؤسسة المتحدة للجيولوجيا والتعدين في روسيا بقياس تراكيز اليورانيوم في الفحم الحجري الاسمر تحت الصخور النارية في (Kansk, Achinsk Basin, West Siberia) باستخدام تقنية العداد الوميضي وتحليل طيف اشعة كاما لهذه العينات. وقد بينت النتائج ان محتوى اليورانيوم في هذه العينات يزداد تدريجيا من  $3.9 \mu\text{g/gm}$  في القاع الى  $35 \mu\text{g/gm}$  قرب السطح اما في العينات الطينية فقد وجد ان تركيز اليورانيوم يتراوح بين  $(500 - 800) \mu\text{g/gm}$  عند السطح ويقل تدريجيا إلى  $20 \mu\text{g/gm}$  عند عمق  $1 \text{ m}$  .

كما اشار عدد من الباحثين في قسم الهندسة النووية في اليونان (Anagnostakis *etal.*, 2001) في بحثهم عن تحديد تراكيز اليورانيوم المنضب في العينات البيئية باستخدام تقنية مطيافية اشعة كاما الى ان استخدام اليورانيوم المنضب DU في عمليات عسكرية يسبب تلوث في المنطقة المستهدفة يعود الى انتشار اليورانيوم المنضب في البيئة إذ ان نسب نظائر اليورانيوم في اليورانيوم المنضب تختلف عن النسب الطبيعية في اليورانيوم الطبيعي فان الدليل الوحيد على التلوث باليورانيوم المنضب هو الإخلال في النسب الطبيعية للنظائر المختلفة وهي  $U^{238}$  و  $U^{235}$  (مع إهمال النظير  $U^{234}$  0.006 %) وان دراسة مثل هذا التحديد الدقيق لنسب  $U^{238}$  و  $U^{235}$  يكون ضروريا. إن قسم الهندسة النووية في الجامعة التقنية الوطنية في اثينا في اليونان NES - NTVA (The Nuclear Engineering Section of the National University of Athens) استخدم كواشف جرمانيوم ذات قدرة فصل عالية لقياس الطاقات الواطئة LEGe واستخدم تقنيات

تحليل اطياف اشعة كاما من اجل تحديد  $U^{238}$  و  $U^{235}$  وبالتالي تحديد النسب النظائرية لنظائر اليورانيوم في العينات. لقد تم تحديد نسب  $U^{235}$  من تحليل الذرة الضوئية المضاعفة عند الطاقة  $186\ keV$ . إن اليورانيوم المنضب المقاس بهذه الطريقة يعطي نشاط  $U^{238}$  الموجود في DU اعلى بحوالي % 90 من النشاط الاشعاعي لـ  $U^{238}$  الموجود في عينة من اليورانيوم الطبيعي. ان التحليل الذي جرى من قبل (NES-NTVA) لعينات اتربة من سطح الارض جمعت بعناية قبل تبدد (انتشار) اليورانيوم المنضب في كوسوفو Kosovo اعطى الدليل ان كوسوفو هي من المناطق ذات الخلفية الإشعاعية الطبيعية العالية، مع التأكيد بشكل واضح على وجود اختلاف فيما تحتويه التربة السطحية من محتويات اليورانيوم الطبيعي، وان النشاط الاشعاعي لـ  $U^{238}$  يصل إلى  $330\ Bq/Kgm$ . كما يمكن الإشارة الى ان الإخلال disturbance في توازن النشاط الاشعاعي بين نويدات سلسلة اليورانيوم غالبا ما تتم ملاحظته نتيجة لعملية الترشيح Leaching وللظروف المناخية Weathering وبنسبة فعالية إشعاعية لـ  $Ra^{226}$  و  $U^{238}$  تتراوح بين (5.5 - 0.17). وبعد العمليات العسكرية في كوسوفو تم تحليل عينات من التربة السطحية ونماذج من الحياة النباتية Vegetation فضلا عن قذائف اليورانيوم المنضب الاختراقية DU Penterators (NES-NTVA). وقد وجد ان بعض التربة التي جمعت (اختبرت) حول وفي الاماكن القريبة من الحفرة التي احدثتها هذه القذائف الاختراقية وحولها قد تلوثت باليورانيوم المنضب، إذ زاد النشاط الاشعاعي إلى أكثر من  $2000\ Bq/Kgm$  وزادت نسبة ( $U^{238} / Ra^{226}$ ) لتصل الى قيمة مساوية الى 10. إن النسب النظائرية لنظائر اليورانيوم قد تغيرت بدرجة كبيرة وملحوظة، وقد سمح ذلك بتحديد النسبة النظائرية (الوفرة النظائرية) Isotope abundance  $U^{235}$  DU المتبدد وكانت حوالي % 0.2 والتي تتفق بدرجة كبيرة مع القيم ذات الصلة الموجودة في النشريات الخاصة بقذائف DU الاختراقية.

كما نشرت مجلة (LLRC Journal Radioactive Times) موضوعا عن العراق باسم (Hot News From Iraq) ذكرت فيه قيام الباحث (Busby,2001) وممثل وزارة الدفاع العراقية اللواء عبد الوهاب الجبوري ومراسل قناة الجزيرة الفضائية بزيارة المنطقة الجنوبية من العراق للتعرف على حجم المخاطر المتأثرة من استخدام قذائف اليورانيوم المنضب من قبل قوات التحالف في حرب الخليج وقياس مستوى الاشعاع في تلك المناطق. وقد انجزت هذه القياسات باستخدام جهاز دقيق ذو عداد رقمي ومعالجة كومبيوترية دقيقة ومتكاملة مع (Dp2/449sq.cm) مادة وميضية ثنائية الفسفور تم معايرتها على مصدر الاميريشيوم  $Am^{241}$  الباعث لجسيمات الفا بكفاءة



33 % عند الطاقة  $5.5 \text{ MeV}$  وعنصر السترونشيوم  $\text{Sr}^{90}$  الباعث لجسيمات بيتا، إن لهذا النظام القدرة على التمييز بين جسيمات الفا وبيتا واشعة كاما. وقد تم اختيار بعض الدبابات المدمرة والتي حدثت فيها فجوة بسبب القذائف الاختراقية من نوع  $(14.7) \text{ mm}$  (A-10) وإن قطر هذه الفجوة في درع الدبابة كان  $70 \text{ mm}$ . المادة المحيطة بهذه الفجوة كانت ذات إشعاعية عالية باعثة جسيمات بيتا بفاعلية تقرب من  $2000 \text{ CpS}$  مكافئة لجرعة مقدارها  $8 \text{ mSv/h}$ . وهذا يعود الى انحلال وليدات النظائر الباعثة لجسيمات بيتا  $\text{Th}^{234}$  و  $\text{Pa}^{234}$ . إن معدل العد لجسيمات الفا في ساحة المعركة كان اعلى من معدل العد في منطقة البصرة بعامل مساوٍ الى 10 مرات تقريباً. حيث كان معدل العد في المنطقة القريبة من مجرى شط العرب مساوٍ إلى  $(0.01 - 0.02) \text{ CpS}$ . بينما في منطقة الصحراء كان  $(0.1 - 0.18) \text{ CpS}$  وبمعدل  $0.13 \text{ CpS}$ . وقد وجد ان الفاعلية الإشعاعية كانت عالية جداً في المناطق القريبة من الدبابات المدمرة. إذ اخذت هذه القياسات لفترة متكاملة مساوية الى نصف ساعة لكل المناطق. اما القياسات التي اخذت للتربة القريبة من هذه الدبابات فقد بينت ان هناك مسحوق اسود يغطي سطح الدبابة وبإشعاعية تقدر بـ  $26 \text{ CpS}$  لجسيمات بيتا. وان بعض الدبابات قد احيطت بتربة ذات إشعاع عالي يصل إلى  $16000 \text{ Cps}$  لجسيمات بيتا مصحوبة بقطع من مواد صفراء اللون صغيرة الحجم منتشرة في الرمل، إذ لم يتم تشخيص هذه المواد لحد الان.

## Solid State Nuclear Track Detectors

## 3.2 كواشف الأثر النووي الصلبة

تختلف أجهزة الكشف عن الأشعة الكهرومغناطيسية باختلاف نوع الإشعاع والتأثير الذي يحدثه في هذه الكواشف. فمنها الكواشف الغازية وتشتمل على ثلاثة أنواع رئيسية وهي كشف حجرة التآين Ionization chamber detector وكشاف التناسب Proportional detector وعداد كايكر ميلر Geiger – Muller counter وان مبدأ عمل هذه الكواشف يستند على التأين الذي يحدث للغاز في الكاشف نتيجة لتعرضه للجسيمات المشحونة. ومن أجهزة الكشف الأخرى عن الجسيمات المشحونة هو العداد الوميضي Scintillation counter الذي يعمل على مبدأ تحويل الطاقة الحركية للجسيمات إلى ومضات ضوئية وذلك بالاعتماد على خواص المواد العضوية أو غير العضوية لمادة الكاشف التي تقوم بإطلاق ومضات ضوئية عندما تسقط عليها الجسيمات المشحونة. وهناك أيضاً كواشف أشباه الموصلات Semiconductor detectors التي تعمل وفق مبدأ إنتاج أزواج من الإلكترونات والفجوات نتيجة لسقوط الجسيمات المشحونة على منطقة الاستنزاف لهذه الكواشف كما في كاشف الحاجز السطحي - Surface Barrier detector والتي تعد من الكواشف الجيدة للكشف عن جسيمات  $\alpha$  (Durrani and Bull, 1987) (الاحمد، 1993) (عزوز، 1982).

وقد ظهرت في الآونة الأخيرة كواشف الأثر النووي الصلبة والتي هي مواد صلبة عازلة كهربائياً لها القابلية على خزن تأثير الإشعاعات الجسيمية المؤينة على شكل تلف (ضرر) في تركيبها الداخلي والاحتفاظ بها لفترات طويلة. إذ يمكن مشاهدة مناطق التلف إما باستخدام المجهر الإلكتروني مباشرة أو باستخدام المجهر الضوئي بعد معاملتها ببعض المحاليل الكيميائية القاشطة. حيث إن هذه المواد القاشطة تهاجم المناطق التي تعرضت للإشعاع (المناطق التالفة) بمعدل أكبر من المناطق السليمة لأن هذه المناطق أكثر هشاشة من المناطق التي لم تتعرض للإشعاع لامتلاكها طاقة حرة أكبر من المناطق السليمة بسبب سقوط الجسيمات المشحونة عليها. إذ يزداد معدل مهاجمة المواد الكيميائية للمادة كلما قل وزنها الجزيئي مما يؤدي إلى Degrade بشكل كبير.

إن هذه المواد الكاشفة تستطيع الكشف عن الجسيمات المشحونة الثقيلة والتي كتلتها أكبر من كتلة الإلكترونات مثل البروتونات وجسيمات ألفا وشظايا الانشطار وكذلك لها القابلية على الكشف عن النيوترونات من خلال قياس الآثار التي تحدثها البروتونات المرتدة عن سقوط النيوترونات على تلك الكواشف (عمر، 1999).

لقد اتسعت وتعددت مجالات استخدام كواشف الأثر النووي الصلبة بشكل كبير لما تمتلكه من خصائص وميزات أهمها :

1 - سهولة استعمالها وانخفاض كلفتها، كما ان عملية قشط الأثار وإظهارها عملية سهلة (Khan and Qureshi, 1996).

2 - عدم الحاجة إلى مصدر للطاقة الكهربائية مما يجعلها مناسبة تماماً لعمليات يتعدى استخدام الأجهزة الإلكترونية فيها، كقلب المفاعل النووي والابحاث الفضائية والكشف عن المستويات المنخفضة من الإشعاع وفترات زمنية طويلة (نجم، 1997).

3 - لها القابلية على الاحتفاظ بالآثار عند خزنها لمدة طويلة من الزمن عند الدرجات الحرارية الاعتيادية او درجة حرارة الغرفة، وبالمقابل فإن الدرجات الحرارية العالية تعمل على تلاشي عدد من الآثار المتكونة في هذه المواد مما يؤدي إلى نقصان عددها (الكعبي، 1990).

4 - لها حساسية وكفاءة عاليتين قد تصل إلى % 100 كما في المايكا والكواشف البلاستيكية لذا فهي تستخدم في قياس الدفع النيتروني او لقياس الجرعة النيترونية وذلك بقياس الآثار التي تخلفها البروتونات المرتدة عن النيترونات او عن طريق جسيمات الفا الناتجة عن استخدام التفاعل  $(n, \alpha)$  (Tsuruta, 2002).

5 - لا تدوب في المحاليل الكيميائية بسبب تجانسها وتناظرها العالين إذ ان المحاليل الكيميائية القاشطة لا تستطيع إدابتها ولكنها يمكن ان تقلل من سمكها عن طريق عملية التحلل Degradation (Yadov *etal.*, 1980).

6 - لها القابلية على قياس مدى عالٍ من الجرعات.

7 - دقة النتائج التي يمكن الحصول عليها من هذه الكواشف وسهولة تحليلها ولذلك استخدمت كمجاريح شخصية لقياس الجرعات الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان وكذلك استخدمت في الاقمار الصناعية.

8 - إن الجسيمات الثقيلة المشحونة كضحايا الانشطار النووي يمكن تسجيلها وتمييزها عن الجسيمات المشحونة الخفيفة مثل  $(^4\text{He}, ^3\text{He}, ^2\text{H}, ^1\text{H})$  والنيترونات باستخدام هذه الكواشف.

إن الخصائص العملية لهذه الكواشف مثل توافرها وسهولة استخدامها وإنخفاض كلفتها أدت إلى استخدامها بشكل كبير في الكثير من المختبرات ومن قبل العديد من الباحثين وفي مجالات تطبيقية مختلفة منها استخدامها في مجال الفيزياء النووية، وفيزياء البلازما (Szydowski *etal.*, 1999)، وفيزياء الارض (Fleischer *etal.*, 1975). كما استخدمت في مجال الطب وعلوم الحياة (Durante *etal.*, 1996)، ومجال فيزياء الفلك وعلم الفضاء ودراسة

الاشعة الكونية القادمة من اعماق الفضاء إلى جو الارض كما تعد من الادوات المهمة في رصد الزلازل والبحث عن الإشارات التحذيرية من الهزات الارضية (Planinic *etal.*, 2000) (Papa stefanon *etal.*, 1995).

### 1.3.2 انواع كواشف الاثر النووي الصلبه

تقسم كواشف الاثر النووي إلى قسمين رئيسيين هما الكواشف اللاعضوية والكواشف العضوية فالكواشف اللاعضوية هي التي لا يدخل في تركيبها عنصري الكربون والهيدروجين، ومن ابرز انواع هذه الكواشف المايكا، إذ يستخدم لتسجيل اثار النيوترونات وشظايا الانشطار ويمتاز بحساسيته العالية للدقائق المشحونة ذات الكتلة الاكبر من 30 amu ويتميز باستقراره العالي عند تسجيله للدقائق المشحونة حتى درجة الحرارة  $C^0$  400 فضلا عن ان كاشف المايكا يحتوي على ذرات اليورانيوم والتاليوم بتركيز  $(10^{-8} - 10^{-10})$  مما يسبب خلفية إشعاعية عالية بعد القشط إذ يستخدم محلول حامض الهيدروفلوريك HF بتركيز % 48 ودرجة حرارة بحدود  $C^0$  (20 - 25) في عملية القشط (Durrani and Bull, 1987). اما كاشف الزجاج فانه يعد من الكواشف الجيدة في الكشف عن النيوترونات وبخاصة في المفاعلات النووية وذلك لتحمله درجات الحرارة العالية وقابليته على تحسس شظايا الانشطار ويمتاز بنفس المواصفات التي يمتلكها المايكا ويتم إظهار الاتار بالطريقة نفسها كما للمايكا (عمر، 1999).

اما الكواشف العضوية وهي عبارة عن مواد بوليمرية، والبوليمرات هي جزيئات كبيرة متكونة من وحدات صغيرة متكررة ومرتبطة مع بعضها تدعى مونومر Monomer وتتكون وحدات المونومر في معظم اللدائن من ذرات مرتبطة مع بعضها باصرة تساهمية تغلب عليها اصرة هيدروجين كاربون (H-C) وتشتمل البوليمرات العضوية على مركبات تحتوي فضلا عن ذرات الكربون والهيدروجين والاكسجين والنيتروجين على الكبريت والهالوجينات مع العلم ان اغلب الاواصر التي تربط بين هذه الذرات تكون سهلة الكسر عند تعرضها للإشعاع (محمد، 1993) (سعيد، 1983).

إن من ابرز انواع الكواشف العضوية هي الكواشف السليلوزية إذ تتضمن انواعا متعددة منها نترات السليلوز (CN-85) واسيتات السليلوز (CA-80-15) و (LR-115) بانواعه المختلفة وتمتاز هذه الكواشف باحتوائها على النيتروجين في تركيبها الكيميائي فكاشف نترات السليلوز (CN-85) تركيبه الكيميائي  $(C_6 H_{18} O_5 N_2)_n$  وتعد اسيتات السليلوز من الكواشف الجيدة في الكشف عن النيوترونات والجسيمات المشحونة مثل البروتونات وجسيمات الفا وشظايا الانشطار والايونات الثقيلة (نجم، 1997). ويبلغ سمك هذه الكواشف  $100 \mu m$  ويطل من جانبيه بطبقة

رقيقة من رابع بورات الليثيوم ( $\text{LiB}_4$ ) القابل للذوبان بالماء. وتكمن أهمية وجود عنصر البور ون  $\text{B}^{10}$  والليثيوم  $\text{Li}^6$  في كونهما يمتلكان مقاطع عرضية كبيرة للتفاعل مع النيوترونات البطيئة ويستخدم هيدروكسيد الصوديوم  $\text{NaOH}$  بغيرية 4N ودرجة حرارة  $50^\circ\text{C}$  ولمدة hrs (3 - 4) لقشط هذه الأنواع من الكواشف.

أما الكاشف LR-115 وتركيبه الكيميائي  $\text{C}_{12}\text{H}_7\text{O}_{16}\text{N}_3$  يكون على أنواع عدة وهي LR-115 I و LR-115 II و LR-115 و LR-115 B و LR-115 II و LR-115 IB) ويقرب سمكه من  $12-13 \mu\text{m}$  ويتكون من طبقة رقيقة من نترات السليلوز مثبتة على شريحة أكبر سمكا من البوليستر. يتم قشط هذا الكاشف باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم  $\text{NaOH}$  بغيرية 2.5N ودرجة حرارة  $60^\circ\text{C}$  ولمدة 5hrs، ويستخدم هذا الكاشف لقياس جرعة النيوترونات الحرارية والنيوترونات السريعة وجسيمات الفا ويستخدم LR-115 II في حساب تراكيز الرادون واليورانيوم في التربة والماء ودخل المنازل والعينات الجيولوجية (Nickolaev and Ilic, 1999).

يعد كاشف الماكر وفول من الكواشف العضوية أيضا وهو عبارة عن بولي كربونيت Ploy Carbonate وله التركيب الكيميائي  $(\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{O}_3)_n$  ويقرب سمكه من  $300 \mu\text{m}$  وكثافته  $1.2 \text{ gm/cm}^3$ . ولهذا الكاشف سطحان أحدهما أملس والآخر خشن ويجب أن يكون السطح الأملس مواجهًا للمصدر المشع وذلك لقلّة التشوهات مما يعطي آثارًا واضحة، تتم عملية القشط لهذا الكاشف عادة بمزج 80 % من هيدروكسيد البوتاسيوم  $\text{KOH}$  20 % من الإيثانول عند درجة حرارة  $40^\circ\text{C}$  ولمدة 4hrs. ويعد هذا الكاشف من الكواشف الجيدة في تسجيل آثار النيوترونات وشظايا الانشطار ويستخدم في معايرة الرادون وقياس تراكيز اليورانيوم (Barioni *et al.*, 2001).

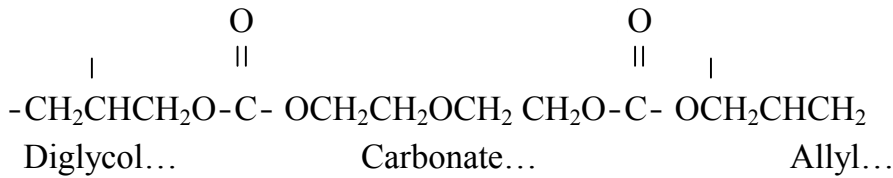
ومن الكواشف العضوية أيضا كاشف الليكسان إذ يستخدم في الكشف عن شظايا الانشطار Fission fragment والجسيمات المشحونة، وتركيبه الكيميائي  $(\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{O}_3)_n$  وكثافته  $1.2 \text{ gm/cm}^3$  (Tsuruta, 2002) ويشارك مع الماكر وفول في بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية وله القدرة على التمييز بين الأيونات الثقيلة، ويمكن الاحتفاظ بالكاشف بعد تشعيه لفترة طويلة تحت ظروف مختلفة من ضغط وحرارة.

ومن الكواشف العضوية المهمة والتي تستخدم في العديد من المجالات، لما يمتلكه من خصائص كشفية وتسجيلية جيدة للجسيمات المشحونة، الكاشف النووي البلاستيكي الصلب

CR-39 المستخدم في دراستنا الحالية وسنتطرق بالتفصيل إلى مواصفات وخصائص هذا الكاشف.

### الكاشف CR-39

ظهر الكاشف النووي البلاستيكي الصلب CR-39 المستخدم في دراستنا هذه عام 1978 من قبل (Cartwright and Shirk, 1978). إن CR-39 عبارة عن مادة بوليمرية وهو مختصر من Columbia Resin. يحضر هذا الكاشف من عملية البلمرة لكاربونات الأليل دايكول المتعدد Ploy Allyldiglycal Carbonate والصيغة الجزيئية له  $(C_{12}H_{18}O_7)_n$  وكثافته  $1.32 \text{ gm/cm}^3$  (Fleischer *et al.*, 1975). وله الصيغة التركيبية الآتية



يتميز هذا الكاشف بشفافيته البصرية وحساسيته العالية وتجانس وانتظام تركيبه. لقد انجزت تجارب عدة من أجل تطوير وتحسين هذا الكاشف، فقد تم إنتاج كاشف متطور من CR-39 هو كاشف SR-86 ذو حساسية أعلى من CR-39 كما تم إنتاج كاشف آخر متطور أيضاً هو كاشف PM-355 الذي يمتاز بحساسيته العالية للكشف عن البروتونات (Szydlowski *et al.*, 1999).

وبشكل عام، فإن كاشف CR-39 يعد من الكواشف الصلبة ذات الحساسية العالية يمتاز المشحونة. ويعزى السبب الرئيسي إلى كون هذا الكاشف بوليمر ذو تركيب عضوي يحتوي على روابط الكربون في مونومر مادة الكاشف وهذه الروابط ضعيفة نسبياً وتتكرر بسهولة عند تعرضها للإشعاع ولزيادة هذه الحساسية يتم إدخال روابط أضعف من روابط الكربون إلى تركيبه الشبكي المترابط المقطع. وبذلك أصبح كاشف CR-39 أكثر انتشاراً من الكواشف الأخرى، ومن أهم الخواص التي يتميز بها :

1 - الشفافية البصرية والنقاوة العاليتين فضلاً عن تجانس مادته Homogenous وتمائل خواصه Isotropic.

2 - حساسيته العالية للإشعاع (جسيمات ألفا والبروتونات والنيوترونات) وبطاقات مختلفة فضلاً عن قابليته في تسجيل آثار البروتونات المرتدة ولمدى واسع من الطاقة  $(0.1 - 20) \text{ MeV}$  والتي تجعل هذا الكاشف حساساً للنيوترونات السريعة (Durrani and Bull, 1987).

3 - القدرة التحليلية العالية High Resolution.

5 - لا يتأثر بالعوامل الجوية من درجة حرارة ورطوبة عند خزنه لفترات طويلة تحت الظروف الطبيعية، ولا يدوب في المحاليل الكيميائية القاشطة بل يتحلل من خلال نقصان سمكه أثناء عملية القشط.

6 - له استقرارية حرارية Thermost مترابط المقطع Cross-Linked ومتبلور جزئياً (Amorphous With  $\approx 20\%$  Crystalline) (Barillon *et al.*, 1991).

ونظراً للخصائص والمميزات التي يمتلكها الكاشف CR-39 فقد استخدم في الكثير من التطبيقات والعديد من المجالات، منها استخدامه في قياس تراكيز اليورانيوم والرادون والثورون في المنازل وفي مواد البناء وفي التربة (Falk *et al.*, 2001) والمياه والاعذية (Barioni *et al.*, 2001) وفي معاجين الأسنان (عقراوي، 2002) والشاي (الجبوري، 1999) والتبوغ (الجزراوي، 1999) والمنظفات (Khan *et al.*, 1988). كما يستخدم في الكشف عن الجسيمات المشحونة كالبروتونات وجسيمات الفا وايونات أخرى (Sadowska *et al.*, 2000). وكذلك في تسجيل الآثار الناتجة عن الأشعة الكونية وإيجاد تراكيز اليورانيوم والثور يوم في النماذج الجيولوجية وفي حساب تراكيز الراديوم في الأسنان (العبايجي، 2000) فضلاً عن حساب تركيز الرصاص pb في أسنان الأطفال (Henshaw and Allen, 1994).

ويعد هذا الكاشف مجسداً جيداً للتنبؤ عن الزلازل والهزات الأرضية من خلال قياس مقدار الزيادة في تركيز غاز الرادون المنبعث من التصدعات والشقوق الأرضية الواقعة على خط الزلازل في المدن التي تتعرض للزلازل والهزات (Planinic *et al.*, 2000).

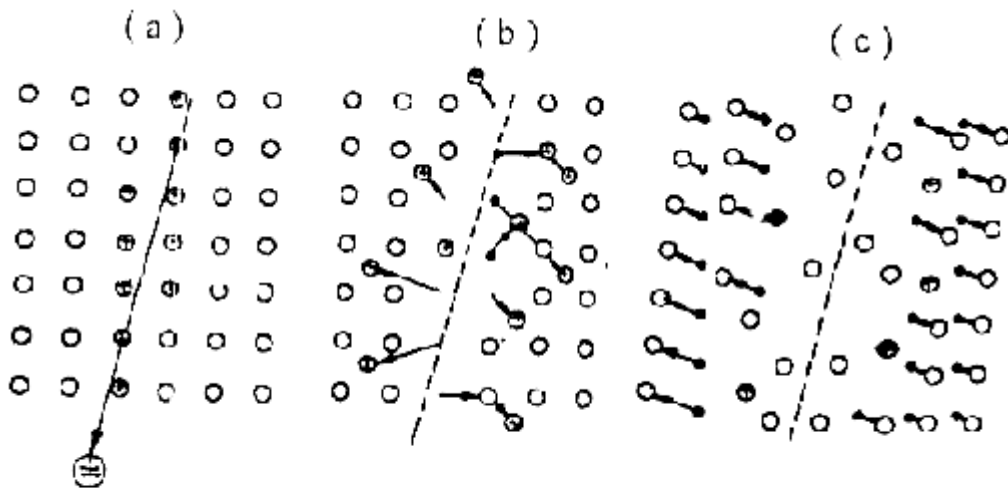
كما يستخدم الكاشف CR-39 كمرشح دقيق إذ تعرض قطعة رقيقة منه لحزمة من شظايا الانشطار وتقطط بمحلول كيميائي مناسب ولفترة زمنية معينة إذ يخترق هذا المحلول الآثار الكامنة مكوناً ثقوباً دقيقة عبر الكاشف الصلب وبقطر يتراوح بين 30 - 10 nm حيث يستخدم هذا الكاشف الدقيق لفصل الخلايا السرطانية من الدم (Durnate *et al.*, 1994). كما يستخدم الكاشف في التصوير الشعاعي الدائري للجسم بعد حقنه بالنظائر المشعة.

### 2.3.2 كيفية تكون الأثر

لقد وجد في المواد الصلبة العازلة (زجاجية، بلاستيكية) إن الجسيمات المشحونة الثقيلة تنتج آثاراً عند مرورها في تلك المواد ويمكن ملاحظة المناطق الصغيرة الناتجة إما باستخدام المجهر الإلكتروني مباشرة أو باستخدام المجهر الضوئي بعد معاملتها بمادة كيميائية تعمل على حفر وإظهار مناطق التلف المتكونة. وإن نوع وشكل المنطقة الناتجة (المتضررة) يعتمد على متغيرات الجسيمات الساقطة (كتلتها وطاقتها وشحنتها) فحسب بل يعتمد على نوع

المادة الكاشفة الصلبة (Durrani and Bull, 1987). اما حجم المناطق النافذة فيعتمد فضلا عن العوامل في اعلاه، على نوع وتركيز ودرجة حرارة المحلول الكيميائي القاشط وزمن القشط. لقد وضعت نماذج ونظريات متعددة من قبل العديد من الباحثين لتفسير تكون الآثار في تلك المواد وإن النظرية السائدة لتفسير تكوين الأثر في المواد اللاعضوية في منطقة الضرر الأساسية هي نظرية وخزة الانفجار الأيوني Ion Explosion Spike والمقترحة من قبل (Fleischer *et al.*, 1965). إذ يتسبب مرور الجسيمات المتأينة في المادة في تكوين منطقة تحتوي على تركيز عالٍ من الأيونات الموجبة، علما أن زمن إعادة اتحاد الأيونات الموجبة مع الإلكترونات يكون طويلا نسبيا بحدود  $10^{-13}$  Sec مقارنة بزمن اهتزاز الشبكة البلورية وإن هذه الأيونات تضرب وبشدة إلكترونات الذرات المتصادمة الواقعة حول المناطق المجاورة لمسارها فتنتج منطقة إسطوانية مليئة بالأيونات الموجبة والتي تتناثر مع بعضها البعض بفعل القوة الكهروستاتيكية. فإذا كانت قوة التناثر أكبر من قوة تجاذب ذرات المادة الصلبة فإنه يحدث تشوه في الشبكة البلورية مخلفا وراءها قلبا إسطوانيا فارغا يمكن مشاهدته مباشرة بالمجهر الإلكتروني أو بالمجهر الضوئي بعد معالجته كيميائيا بعملية القشط.

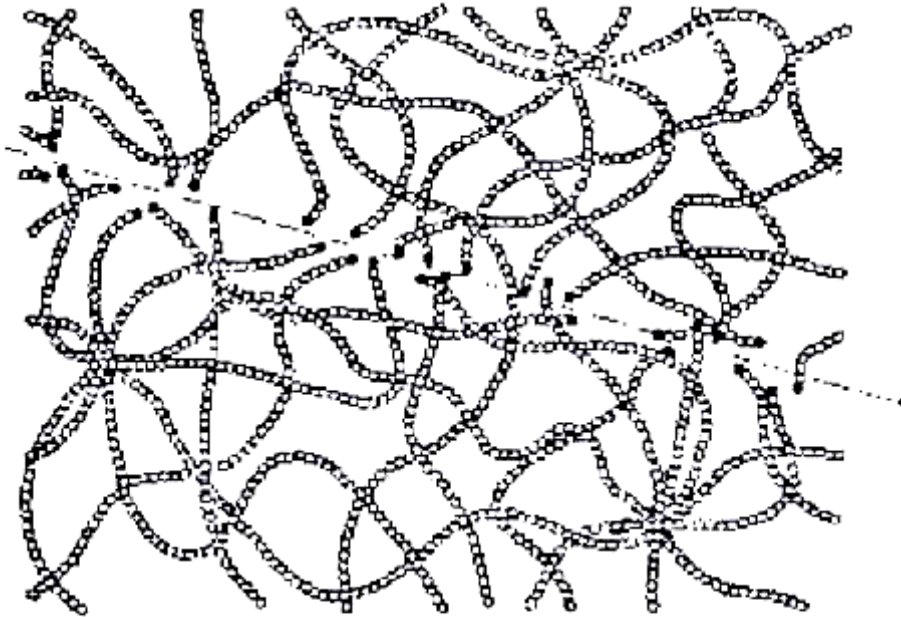
والشكل (1-2) يمثل نتاج عملية تكوين الآثار حيث يمثل (a) عملية دخول الجسيمة الثقيلة المشحونة والتي تولد تابعا ابتدائيا للذرات على طول مسار الجسيمة، ويلى هذه العملية مرحلة ترتيب الأيونات الحشرية (البينية) والفجوات في مواقع الذرات نتيجة للقوة الكولومية الموجودة حول الأيونات الابتدائية التي تولدت كما في الشكل (b) وأخيرا تحدث عملية القشط والتهدئة (c).



الشكل ( 1 - 2 ) وخزة الانفجار الأيوني في تكوين الآثار في المواد الصلبة غير العضوية [Fleischer *et al.*, 1975].



أما في البوليمرات والتي هي عبارة عن جزيئات كبيرة تتألف من وحدات متكررة ومرتبطة مع بعضها تدعى المونومير وهذه المونوميرات تكون مرتبطة مع بعضها في معظم اللدائن باصرة تساهمية تغلب عليها اصرة هيدروجين - كاربون (H-C) وهذه الاصرة سهلة الكسر عند تعرضها للإشعاع مما ينتج عنها سلاسل بوليمرية صغيرة ذات نهايات فعالة متאיئة تسمى الجذور الحرة والتي لها القابلية على التفاعل فيما بينها او مع الذرات الأخرى (محمد، 1993). لذا فإن التأثير الرئيسي للإشعاع على البوليمرات هو انحلالها Degradation او تشابك جزيئاتها Cross-Linking بعضها مع بعض، وهذان التأثيران يمثلان التغييرات الرئيسية في خواص البوليمر. إن سقوط الإشعاع على هذه البوليمرات يؤدي إلى تهيج هذه الجزيئات وتأيئها وبالتالي قطع الروابط Bonds بينها، وإحداث تلف Damage في مادة البوليمر ولا يزول في الظروف الاعتيادية، ويعرف هذا الأثر المخزون بالآثر الكامن Latent Track. إن المناطق الناتفة بتأثير الإشعاع المؤين تظهر قابلية أكبر على التفاعل مع المحاليل القلوية مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH مقارنة بالمناطق السليمة وذلك بسبب امتلاك المناطق الناتفة طاقة أكبر من المناطق السليمة، لذا فإن المحلول الكيميائي يخترق المناطق المشععة بسرعة محدداً ائرا يزداد عمقه ويتسع قطره مع زيادة زمن القشط ويمكن مشاهدة الأثر الكامن (المخزون) للإشعاع المؤين بعد إظهاره تحت المجهر الضوئي، والشكل (2-2) يوضح تأثير الإشعاع على السلاسل البوليمرية (عمر، 1999).



الشكل (2-2) يوضح تأثير الأشعاع على السلاسل البوليمرية

(Fliescher, et al., 1975)

# الفصل الثالث

## كواشف اشعة

### كاما

## 1.3 تفاعل اشعه كاما مع المادة

## Interaction of Gamma Ray with Matter

إن عملية انبعاث اشعة كاما من النظائر المشعة Radio-Isotope هي إحدى الوسائل التي تتخلص فيها النوى المثيجة Excited-Nuclei من بعض طاقتها أو كلها وذلك بانتقالها من مستوى عالٍ للطاقة إلى مستوى اوطأ، ويكون الفرق بين المستويين مساويا لطاقة الفوتون المنبعث ولقياس طاقة وشدة هذه الاشعة لابد من استخدام كواشف خاصة لذلك. إن مبدا عمل هذه الكواشف يعتمد على طريقة تفاعل اشعة كاما مع مادة الكاشف، ومن المعروف ان هذا التفاعل يحدث بثلاث طرق رئيسة وهي الظاهرة الكهروضوئية Photoelectric Effect وظاهرة كومبتن Compton Effect وظاهرة إنتاج الزوج Pair production Effect (Bertolini and Coche, 1968) (Ewan, 1968).

## Gamma - ray detectors

## 2.3 كواشف اشعه كاما:

تستند كواشف الإشعاع النووي في عملها على مبدا تفاعل الإشعاع مع المادة وطرق الكشف، بصورة عامة، تعتمد على عمليات تايين وتهيج الذرات في مادة الكاشف خلال مرور الإشعاع فيها. ومن الجدير بالذكر ان في عملية تحليل طيف اشعة كاما، فان التفاعلات المهمة هي التي يحدث فيها فقدان كلي لطاقة الفوتون وهذا من شأنه ان يلغي أو يستبعد تأثير كومبتن الذي فيه يحصل امتصاص جزئي لطاقة فوتون الإشعاع الكهرومغناطيسي. وهذا يوضح ان التفاعلات بتأثير كومبتن ومدى الطاقة العريض (الواسع) للإلكترونات المرتدة الناتجة من هذه التفاعلات هي التي تعطي صفات غير مرغوبة في عملية تحليل طيف اشعة كاما (CANBERRA, 1978). وكنتيجه لمعاملات التوهين الواطئة لاشعة كاما فان مادة الكاشف من الضروري ان تكون ذات قدرة إيقاف عالية للحصول على كفاءة كشف جيدة وكذلك فان زيادة حجم بلورة الكاشف يعمل على تحسين خواص الكشف. وهناك عوامل متعددة تكون مهمة عند اختيار كاشف اشعة كاما، منها قدرة التحليل وكفاءة الكشف وسهولة الترتيب وبساطة التجميع وعوامل ثانوية كالاستجابة الخطية والاستقرارية ونسبة تفاعلات التأثير الكهروضوئي إلى تفاعلات تأثير كومبتن والزمن الحقيقي (Siegbahn, 1965) (Adams and Dams, 1970).

إن تقنية قياس اشعة كاما غالبا ما تستند إلى نوعين من مواد الكشف، وهي الكواشف الومضية وكواشف اشباه الموصلات (Mann *et al.*, 1980).

## Semiconductor detectors

## 3.3 كواشف اشباه الموصلات:

تُصنف المواد حسب قابليتها للتوصيل الكهربائي Electrical Conductivity إلى ثلاثة اصناف هي، الموصلة وشبه الموصلة والمواد العازلة.

تقرض نظرية الحزم وجود ثلاث نطاقات مختلفة للطاقة في المواد المذكورة وهي نطاق التكافؤ Valence band وعادة يكون مملوءا بالإلكترونات والنطاق المحظور Forbidden band ونطاق التوصيل Conduction band الذي يكون فارغا تقريبا من الإلكترونات عند درجات الحرارة الواطئة (Ewan, 1968).

تتميز المواد الموصلة بان نطاق التكافؤ ونطاق التوصيل فيها متداخلين ولا يوجد بينهما نطاق محظور فهي لذلك ذات قابلية عالية للتوصيل الكهربائي عند تسليط فرق جهد عليها. اما في اشباه الموصلات فان هنالك نطاق محظور (فجوة طاقة) تفصل بين نطاق التكافؤ ونطاق التوصيل ذات عرض صغير ( $\sim 1\text{ev}$ ) وفي المواد العازلة يكون عرض النطاق المحظور كبيرا جدا إذ لا يمكن للإلكترونات ان تنتقل من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل. تستخدم مواد اشباه الموصلات في صنع الكواشف المستخدمة في تحليل طيف اشعة كاما لان منطقة الاستنزاف المتكونة في المادة شبه الموصلة تمثل الجزء المهم او الحساس الذي يحدث فيه تفاعل الفوتون مع مادة الكاشف. إن عملية تفاعل الاشعة الساقطة مع مادة الكاشف تؤدي إلى توليد عدد كبير من أزواج إلكترون - فجوة electron-hole pairs خلال فترة زمنية قصيرة جدا امدها  $10^{-12}\text{ Sec}$  في نطاق التكافؤ ووصول الإلكترونات إلى قعر نطاق التوصيل ويتم تجميع هذه الشحنات بواسطة تسليط ال كهربائي بين قطبي الكاشف للحصول على نبضة خارجة مقابل تفاعل كل جسيم مشحون او فوتون كامي مع مادة الكاشف.

إن تجميع الشحنات المتولدة يعتمد بدرجة كبيرة على الفولتية المسلطة إلا ان زيادتها عن الحد اللازم يؤدي إلى زيادة تيار التسرب Leakage current وهذا يقلل من نسبة النبضة إلى الضجيج Signal-to-noise ratio. وتواجه عملية جمع الشحنات مشاكل أخرى أيضا منها عملية إعادة الالتحام Recombination والتي تقل احتمالياتها بزيادة فولتية الانحياز، وكذلك عملية قنص (اصطياد) الشحنات Trapping الناتجة عن وجود الشوائب في بلورة الكاشف وأخيرا ظاهرة الاستقطاب Polarization التي تحدث بسبب تراكم الشحنات وتكوينها مجالا كهربائيا يعاكس المجال الأصلي وهذا يعني إعاقه عملية جمع الشحنات. يستخدم عادة السليكون والجرمانيوم في صنع كواشف اشباه الموصلات لكون هاتين المادتين تتصفان بالعرض الصغير للنطاق المحظور

كما يمكن الحصول عليهما بدرجة عالية من النقاوة إضافة إلى ميزات أخرى نلخصها بما (Knoll, 1979):

- 1 - الطاقة اللازمة لتوليد زوج إلكترون - فجوة قليلة جداً،  $2.9 \text{ eV}$  بالنسبة لكاشف الجرمانيوم و  $3.23 \text{ eV}$  لكاشف السليكون.
- 2 - القدرة التحليلية لهما عالية، والكفاءة والاستجابة الخطية جيدة.
- 3 - عملياً القنص وإعادة الالتحام قليلة بالنظر لكون زمن بقاء حاملات الشحنة Carrier lifetime أطول من زمن تجميع الشحنات Collection time.
- 4 - High resistivity ما يقلل من تيار التسرب عند استخدام فولتية انحياز.
- 5 - زمن نمو النبضة قصير pulse rise time وذلك لأن عملية جمع الشحنات تكون سريعة، إذ تمتلك هذه الشحنات قابلية كبيرة على الحركة High electron-hole mobility.

#### 4.3 القدرة التحليلية لكواشف أشباه الموصلات

##### Energy Resolution of Semiconductor Detectors

تمتلك كواشف أشباه الموصلات قدرة تحليلية عالية تعود إلى انخفاض الطاقة اللازمة لتوليد زوج إلكترون - فجوة. وتعرف القدرة التحليلية لكاشف بقابليته على فصل خطين طيفيين متقاربين من حيث قيمة طاقتهم، ويعد عرض الخط الطيفي  $W$  مقياس لقدرة تحليل الكاشف. هنالك ثلاثة عوامل أساسية تساهم في زيادة عرض الخط الطيفي لأشعة كاما أحادية الطاقة Mono energetic وهي:

##### 1 - الضجيج الإلكتروني Electronic noise

إن المصدر الرئيسي للضجيج الإلكتروني هو تيار التسرب في الكاشف بجانب ضجيج جهاز التكبير amplifier noise. إذ يعمل الضجيج الإلكتروني على زيادة عرض الخط الطيفي ويمكن حساب تأثير الضجيج الإلكتروني على القدرة التحليلية من خلال العلاقة التقريبية الآتية:

$$\Delta W = \epsilon (Nc/2)^{0.5} (\tau\tau_1/\tau_R)^{0.5} \quad \dots\dots\dots (1-3)$$

إذ إن  $\epsilon$  هي الطاقة اللازمة لتوليد زوج إلكترون - فجوة و  $Nc$  كثافة الشحنة و  $\tau$  الثابت الزمني للمكبر RC shaping و  $\tau_1$  معدل زمن بقاء الشحنات Charge carrier life time و  $\tau_R$  زمن الانتقال خلال الكاشف.

وبالإمكان التقليل من تأثير الضجيج على عرض الخط الطيفي بتبريد الكاشف والذي يؤدي إلى التقليل من تيار التسرب، ويستخدم النتروجين السائل لهذا الغرض. كما يمكن زيادة النسبة بين

سعة النبضة الحقيقية من الكاشف إلى سعة نبضة الضجيج باختيار ثابت زمني تفاضلي مناسب للمكبر المستخدم (Ewan, 1968).

## 2 - التقلب الإحصائي في تكوين أزواج إلكترون - فجوة

### Statistical Fluctuation in the Number of Electron-Hole Pairs Formation

من البديهي انه عند تفاعل اشعة كاما احادية الطاقة مع مادة الكاشف فانه ليس من الضروري ان تولد جميع الفوتونات العدد نفسه من أزواج إلكترون - فجوة ويعود ذلك إلى حصول التفاعل في اعماق مختلفة من مادة الكاشف وكذلك ضياع جزء من طاقة الفوتون كطاقة حرارية في الكاشف. هذا فضلا عن الاختلاف في عدد أزواج إلكترون - فجوة المولدة من قبل الإلكترونات المتولدة في البداية primary electrons. كل هذا يؤدي إلى حصول تقلب او تدبذب إحصائي في الشحنات المتولدة في الكاشف والذي بدوره يزيد من عرض الخط الطيفي عند منتصف ارتفاع دروته. إن قيمة التدبذب الإحصائي يمكن التعبير عنها بدلالة طاقة الاشعة الساقطة E والطاقة اللازمة لتوليد إلكترون - فجوة تبعا للعلاقة التالية:

$$n = \left( \frac{FE}{\epsilon} \right)^{0.5} \dots\dots\dots (2-3)$$

إذ ان  $F$  معامل فانو Fano factor وتتراوح قيمته بين (0 - 1) (Knoll, 1979) لقد حسبت قيمة معامل فانو عمليا من قبل بعض العلماء ووجدوا انها تساوي 0.13 للجرمانيوم و 0.5 للسليكون. إن القيمة المستخدمة لمعامل فانو هي 0.1 لكل من الجرمانيوم والسليكون.

## 3 -وامل اخرى

هنالك عوامل اخرى تؤثر في زيادة عرض الخط (الطيفي) الكامي ولو بدرجة اقل من العاملين المذكورين سابقا، منها عدم التجانس في مادة الكاشف والاختلاف في سمك طبقة الاستنزاف Depletion layer واختلاف زاوية سقوط اشعة كاما على سطح الكاشف وسوء جمع الشحنات المتولدة وكذلك بعد المصدر المشع عن سطح الكاشف (Siegbahn, 1965).

## 5.3 كواشف الجرمانيوم عاليه النقاوة:

### High Purity Germanium Detectors

إن الجرمانيوم يفضل عادة استخدامه كمادة للكشف عن اشعة كاما لطاقة اعلى من  $100\text{ keV}$ . وعندما يستخدم الجرمانيوم النقي في كاشف فانه من غير الممكن خلق منطقة استنزاف اكثر سمكا من بضعة ملليمترات في وصلة الكاشف الاعتيادية. لذلك فان عمليات انجراف او انسياق الليثيوم قد تطورت من اجل الحصول على منطقة دائية والتي يصل سمكها إلى  $10-15\text{ mm}$ . إن حجم كواشف Ge (Li) يمكن ان يصنع كبيرا ليكون مهما في قياسات اطياف اشعة كاما ، لكن الخلل الوحيد والرئيسي في هذه الكواشف Ge(Li) هو ان التوزيع الحيزي

أو الفضائي لليثيوم يصبح غير مستقرا عند درجة حرارة الغرفة، ومن أجل منع حدوث فقدان التعويض في المنطقة الذاتية بسبب إعادة توزيع الليثيوم، فإن هذه الكواشف يجب أن تستخدم وتحفظ في درجات حرارية واطنة باستمرار، ويستخدم لذلك النتروجين السائل من أجل المحافظة على درجات حرارية واطنة للكاشف، وإذا حدث خلل في الكاشف بسبب ارتفاع درجات الحرارة فإنه يجب أن يعاد إلى الشركة المصنعة من أجل إعادة انتشار (انجراف) الليثيوم. لهذه الأسباب وغيرها فقد أصبح من الضروري تطوير هذا الكاشف ليكون ملائما للظروف المختبرية وقياسات ادق واسهل (Knoll, 1979)، إذ تم صنع كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة، وتبين المعادلتان الاتيتان أن عرض منطقة الاستنزاف للوصلة (p-n) عند الفولتية المعطاة تزداد بالتناسب مع الجذر التربيعي لمقاومة المادة.

$$d = [2 \in V / eN]^{0.5} \quad \dots\dots\dots (3-3)$$

إذ تمثل  $N$  تركيز التطعيم (واهبات أو قابلات) على جانب الوصلة التي لها مستوي تطعيم واطئ. وباستخدام مقاومة شبه الموصل المطعم ( $\rho d = 1/e\mu N$ ) يمكن كتابة المعادلة في اعلاه كالآتي: (4-3).....

$$d = [2 \in V \mu \rho d]^{0.5}$$

إذ أن  $\mu$  حركية الحاملات الاقلية و  $d$  عرض منطقة الاستنزاف و  $\in$  ثابت العزل للوسط.

فإذا قل تركيز الشوائب في الجرمانيوم إلى حوالي  $10^{10} \text{ atom/cm}^3$  فإن المقاومة تصبح عالية بصورة كافية وعندها يمكن أن يصل عرض منطقة الاستنزاف إلى  $10 \text{ mm}$  باستخدام الانحياز العكسي عند فولتية أقل من  $1000 \text{ Volt}$ .

وعليه من الممكن إيجاد حجوم فعالة مقارنة مع الحجوم المتوفرة لكواشف Ge(Li) وبدون المرور بخطوة تعويض الليثيوم. هذه الكواشف ذات دايود الجرمانيوم الكبير تدعى عادة بالجرمانيوم الذاتي أو (الجرمانيوم عالي النقاوة) وتدعى كواشف HPGe وهي واسعة الانتشار الآن في قياس طيف إشعاع كاما. ولغرض إنجاز مثل هذا المستوى الواطئ من التشويب  $10^{10} \text{ atom/cm}^3$  في مرتبة  $10^{-6} \text{ ppm}$  فهناك قياسات غير عادية يستلزم إنجازها عند صنع بلورة الجرمانيوم المستخدمة في الكاشف. إن مواصفات شبه الموصل لهذه المادة العالية النقاوة تميل إلى أن تكون من نوع P-type وذلك إما بسبب الشوائب المتبقية (مثل الألمنيوم) أو بسبب المراكز القابلة للمرافة (الملازمة) للعيوب البلورية في الجرمانيوم. وهناك تقدم كبير يحدث الآن من أجل تقليل مستويات التشويب لكي تكون الخواص الكهربائية للجرمانيوم هي المسيطرة (في بعض الحالات) من خلال العيوب التركيبية (Siegbahn, 1965) (Adams and Dams, 1970).

إن تيار التسرب المفرط ( والذي يعرف على انه تيار صغير مستمر D.C بالميكروامبير يظهر عند تسليط فولتية بالانحياز العكسي على وصلة الكاشف ويتعلق هذا التيار بكل من الحجم الكلي و سطح الكاشف)، يمنع من استخدام اي كاشف جرمانيوم عند درجة حرارة الغرفة ولكن غياب تعويض الليثيوم يسمح لكواشف الجرمانيوم عالية النقاوة بان تحفظ عند درجة حرارة الغرفة بين اوقات الاستخدام. ولكن إذا امكن حفظ هذه الكواشف عند درجات حرارية واطنة باستمرار وذلك لتجنب حدوث تلوث جهدي لسطح الكاشف من اي ابخرة متبقية او مترسبة من حجرة الكاشف المفرغة (Mann *et al.*, 1980).

### 6.3 محاسن ومساوئ كواشف اشباه الموصلات

#### Advantage and Disadvantage of Semiconductor Detectors

إضافة إلى الميزة الرئيسية التي يتمتع بها الكاشف شبه الموصل من حيث قدرته العالية على الفصل الطاقى فانه يمتلك محاسن كثيرة اخرى يمكن إجمالها بما يلي:

- 1 - حساسية واطنة للاشعة الخلفية (Back ground radiation).
- 2 - استجابة خطية جيدة ولمدى واسع من الطاقة.
- 3 - إمكانية الحصول منه على نبضات زمنية سريعة نسبيا.
- 4 - قابلية العمل في معدلات العد العالية (High counting rate).
- 5 - ضعف حساسيته للمجالات المغناطيسية.

ويقابل هذه المحاسن ما تمتلكه هذه الكواشف من مساوئ منها:

- 1 - لا يمكن تصنيعها باحجام فعالة (active volume) كبيرة تضاهي احجام الكواشف الومضية، ولذلك فان كفاءتها تكون اقل.
  - 2 - يجب تبريدها اثناء التشغيل إلى درجة حرارة النتروجين السائل.
  - 3 - عدم قدرتها على إيقاف الجسيمات ذات المديات الكبيرة (الطاقة العالية) لصغر حجمها على الرغم من كثافتها العالية نسبيا.
  - 4 - يعد عمر هذه الكواشف قصيرا نسبيا (بسبب تلف وتآكل السطح نتيجة لسقوط الاشعة عليه)
- (Mann *et al.*, 1980) (Adams and Dams, 1970).



الفصل الرابع  
الجزء العلمي  
والحسابات

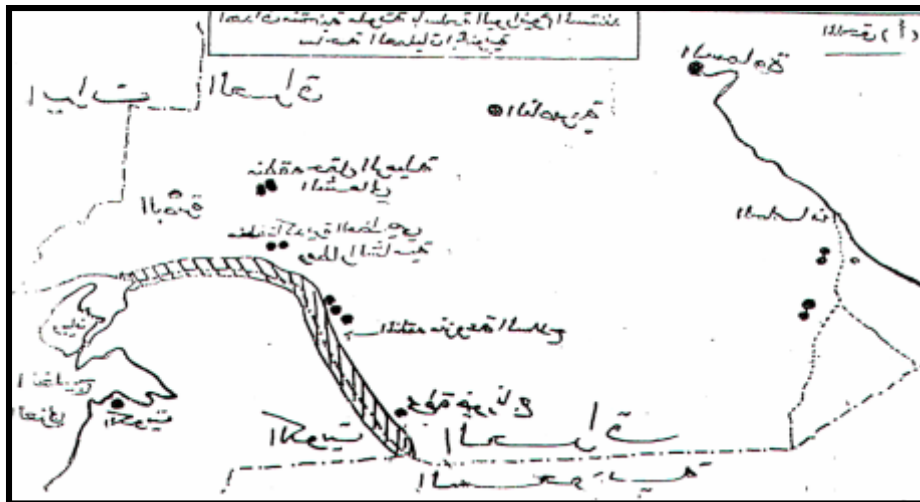
## الفصل الرابع

### الجزء العملي والحسابات

يتضمن هذا الفصل عرضاً للمواد والأجهزة المختبرية التي استخدمت في هذا البحث، ويشمل طريقة العمل والقوانين والحسابات الخاصة لكلتا التقنيتين المستخدمتين.

#### 1.4 عملية جمع وتحضير العينات

لقد تم اختيار المنطقة الجنوبية من العراق وبخاصة المنطقة المحاذية للحدود بين العراق والكويت (المنطقة منزوعة السلاح) وصولاً إلى السعودية والتي تعرضت للقصف بقنابل ذخيرة اليورانيوم المنضبة للمنطقة للدراسة في بحثنا هذا. والخريطة الاتية توضح المناطق التي تم جمع العينات منها، وهذه العينات كانت موزعة على خمسة مواقع على طول المنطقة وهي (منطقة حقل الرميثة الشمالي، ومفرق طريق صفوان - أم قصر، ومنطقتي كديره العظمى ومطار الشامية، والمنطقة بين كديره العظمى ومحطة خورناج، ومنطقة محطة خورناج أو مخفر حدود خورناج). واشتملت العينات على قطع حديد من بقايا ومخلفات بعض الدبابات والمعدات العسكرية المدمرة والتي تعرضت للقصف بذخائر تحتوي على اليورانيوم المنضبة خلال حرب الخليج الثانية سنة 1991، والصور التالية توضح بعض هذه المعدات العسكرية. ولقد كان عدد العينات التي تم جمعها من المواقع المذكورة في أعلاه 25 عينة، بواقع خمس عينات من كل منطقة، إذ طحنت تلك العينات باستخدام آلة الجراخة الثابتة ثم أعيد طحنها ثانية للحصول على مسحوق ناعم ومتجانس من حيث توزيع المادة المشعة فيه ليكون جاهزاً لعملية الفحص والتحليل.



الخريطة (1-4) توضح المناطق التي تم جمع العينات منها (الجبوري، 2001)



الصورة (1-4) معدة عسكريه من منطقه حقل الرميله الشمالي



الصورة (2-4) معدة عسكريه من منطقه مفرق طريق صفوان ام قصر



الصورة (3-4) معدة عسكريه من منطقتي كديره العظمى ومطار الشاميه



الصورة (4-4) معدة عسكريه من منطقتي كديره العظمى ومطار الشاميه





الصورة (4-5) معدة عسكريه من المنطقه بين كديره العظمى ومحطه خورناج



الصورة (4-6) مجموعه معدات عسكريه بالقرب من الطريق المؤدي إلى السعوديه



الصورة (4-7) معدة عسكريه من منطقه محطه خورناج



الصورة (4-8) معدة عسكريه من منطقه حقل الرميله الشمالي



الصورة (4-9) معدة عسكريه من منطقه مفرق طريق صفوان ام قصر

## 2.4 التحليل والقياس بتقنية كاشف CR-39

تم استخدام تقنية كاشف الاثر النووي الصلب CR-39 معتمدين طريقة القياس طويلة الامد من اجل تسجيل اثار جسيمات الفا المنبعثة من غاز الرادون المنبعث بدوره من العينات المستخدمة والذي يعد الناتج الطبيعي لانحلال اليورانيوم  $U^{238}$ . إذ تم استخدام الكاشف CR-39 بسمك  $275 \mu m$  وتقطيعه إلى قطع بأبعاد متساوية  $1 \times 1 \text{ cm}^2$ ، ليتم بعد ذلك تعريضها إلى العينات المستخدمة بواقع 5 غرامات من كل عينة وزنت باستخدام ميزان ذو حساسية تصل إلى  $0.5 \times 10^{-2} \text{ gm}$  نوع (OWALBOR). وضعت العينات في حجرات التشعيع والتي هي عبارة عن انابيب اختبار اسطوانية الشكل تعرف بحجرات الانتشار ذات قطر  $2.38 \text{ cm}$  وكما موضحة في الشكل (4- 1) واغلقت تلك الحجرات بإحكام بسدادات مطاطية مع مراعاة كون المسافة بين سطح العينة وسطح السداد السفلي المثبت فيه قطعة الكاشف مساوية إلى  $9.5 \text{ cm}$  (Barillon *et al.*, 1993) لجميع العينات، ثم تركت العينات لمدة 22 يوما وذلك للوصول إلى 98% من حالة التوازن المثالي (القرني) Secular equilibrium بين الراديوم ووليداته من نظائر الرادون ، إذ من المعروف ان عمر النصف للراديوم  $Ra^{226}$  طويل بحدود 1600 Yrs وللرادون 3.825 day وقد حسبت هذه المدة باستخدام علاقة التوازن للنشاط الإشعاعي الآتية (Azam *et al.*, 1995): (1-4) .....

$$A_{Rn} = A_{Ra} [1 - e^{-\lambda_{Rn} t}]$$

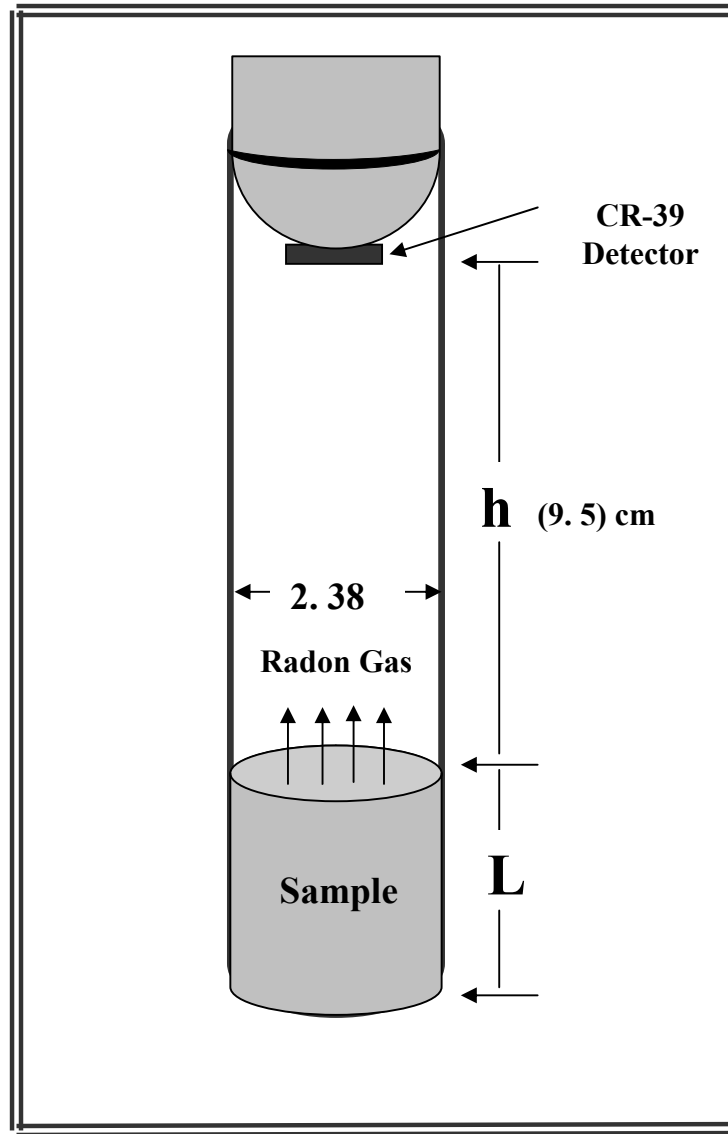
إذ ان  $A_{Rn}$  تمثل فاعلية الرادون، و  $A_{Ra}$  فاعلية الراديوم، و  $\lambda_{Rn}$  ثابت انحلال الرادون ومقداره  $0.1814 \text{ day}^{-1}$  ، و  $t$  هو الزمن اللازم للوصول إلى حالة التوازن.

وبعد انتهاء زمن التوازن والبالغ 22 يوما رفعت السدادات بسرعة واستبدلت بأخرى مثبتت بأسفلها قطعة الكاشف CR-39 وتم إحكام غلقها باستخدام شريط لاصق تلافيا للتبادل بين غاز الرادون والمحيط الخارجي (لحفاظ على التركيز الداخلي للردوان) مع مراعاة بقاء المسافة بين سطح العينة والكاشف  $9.5 \text{ cm}$  . وبعد ذلك تركت الكواشف داخل الحجرات لمدة 60 يوما (فترة التعريض). ثم رفعت الكواشف لتبدأ عملية القشط لإظهار الآثار المتكونة فيها. لقد استخدم

محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي NaOH بنقاوة 98% وبدرجة حرارة  $70 \pm 1^\circ \text{C}$

إظهار الآثار المتكونة في قطع الكواشف المعرضة للعينات إذ يعد من المحاليل الم





الشكل (1-4) يوضح انبوبة الاختبار المستخدمة في الدراسة

إظهار الآثار في الكواشف البلاستيكية وبخاصة كواشف البولي كاربونيت مثل CR-39. وللحصول على التركيز المطلوب للمحلول القاشط والبالغ 6.25 M ، فقد تم إذابة 25 gm من حبيبات NaOH وزنه الجزيئي 40 100 ml من الماء المقطر وحسب التركيز تبعاً للعلاقة

$$C = \frac{W}{W_{eq}} \frac{1000}{V} \quad \text{.....(2-4) : (عمر، 1999)}$$

إذ يمثل  $C$  عيارية أو تركيز المحلول، و  $W$  وزن NaOH بالغرام، و  $W_{eq}$  الوزن الجزيئي المكافئ لهيدروكسيد الصوديوم، و  $V$  حجم الماء المقطر (ml)

استمرت عملية القشط لمدة اربع ساعات إذ رفعت قطع الكواشف من المحلول وتم تجفيفها بعد غسلها بشكل جيد بالماء المقطر لتبدأ عملية المشاهدة المجهرية وحساب الآثار المتكونة فيها. لقد تم عد الآثار المنتظمة المتولدة عن جسيمات الفا الساقطة على الكاشف لوحدة المساحة للوجه المعرض للعينات المستخدمة. فضلاً عن ذلك فإنه تم قياس الخلفية الإشعاعية للكاشف، إذ وضع في انبوبة اختبار فارغة من العينات واغلقت بإحكام بالطريقة نفسها ولمدة الزمنية التي حددت في حالة وجود العينات. وقد بلغت الخلفية الإشعاعية بحدود  $217 \text{ Track.Cm}^{-2}$  وتم طرحها من كثافة الآثار التي حصلنا عليها في حالة وجود العينات ولجميع الحالات من أجل الحصول على الكثافة الفعلية للآثار التابعة لجسيمات الفا المنبعثة من العينات قيد الدراسة. وجرى عملية المشاهدة المجهرية باستخدام مجهر بصري نوع (ALTAU) بقوة تكبير  $400 \times$  ويمكن تحديد قوة تكبير المجهر بالعلاقة:

$$\text{قوة التكبير} = \text{تكبير العدسة العينية} \times \text{تكبير العدسة الشيئية} = (10 \times) \times (40 \times) = 400 \times$$

إن عملية عد الآثار في الكواشف كررت مرتين من أجل التأكد من دقة القراءات واخذ معدل عدد الآثار للقراءتين لوحدة المساحة لكل كاشف.

#### 1.2.4 الحسابات

##### ١- حساب ثابت الانتشار

لغرض قياس مستوى تراكيز الرادون والراديوم بالتقنية المذكورة في اعلاه لابد من تحديد ثابت الانتشار  $K$  للمنظومة المستخدمة. إذ إن ثابت الانتشار يختلف من منظومة لأخرى إذ يعتمد على الأبعاد الهندسية (الارتفاع ونصف القطر) لحجرة الانتشار (التشيع) علماً أن تركيز المواد المشعة في العينات لا يعتمد على الأبعاد الهندسية للمنظومة إذا ما بقيت كتل العينات وحجومها ثابتة. لقد تم تحديد ثابت الانتشار  $K$  لحجرة الانتشار التي استخدمت في هذه الدراسة وفق العلاقات التالية (Azam *etal.*, 1995).

$$\rho = KCT \quad \dots\dots\dots(3-4)$$

إذ يمثل  $\rho$  كثافة الآثار بوحدة  $\text{Tr.Cm}^{-2}$  و  $K$  ثابت الانتشار، و  $C$  تركيز الرادون في الحيز الهوائي بوحدة  $\text{Bq.cm}^{-3}$ ، و  $T$  زمن التشيع  $\text{sec}$  معدل كثافة الآثار بوحدة  $D$

$$D = \frac{\rho}{T} = K.C \quad \text{و } \text{Tr.Cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \text{ وتساوي:} \quad \dots\dots\dots(4.4)$$

كما يمكن حساب ثابت الانتشار  $K$  من العلاقة الآتية استنادا إلى الأبعاد الهندسية لحجرة الانتشار (Barillon *etal.*, 1993).

$$K = \frac{1}{4} r (2 \cos \theta_c - r / R_\alpha) \quad \dots\dots\dots (5-4)$$

إذ يمثل  $r$  نصف قطر الأنبوبة المستخدمة كحجرة انتشار ومقداره  $1.19 \text{ Cm}$  و  $\theta_c$  الزاوية الحرجة لكاشف CR-39 ومقدارها  $35^\circ$  (Durrani and Bull, 1987) و  $R_\alpha$  مدى جسيمات الفا في الهواء الناتجة والمنبعثة من  $\text{Rn}^{222}$  ويساوي  $4.15 \text{ Cm}$  حسب المعادلة الآتية:

$$R_\alpha = (0.005 E_\alpha + 0.285) E_\alpha^{3/2} \quad \dots\dots\dots (6-4)$$

إذ إن  $E_\alpha$  يمثل طاقة جسيمات الفا  $\text{MeV}$ .

وعند تعويض هذه القيم في المعادلة (5-4) فإن قيمة ثابت الانتشار بوحدات الطول تساوي  $K = 0.402 \text{ Cm}$  لأنه يعتمد على الأبعاد الهندسية لحجرات التشعيع وحالات ذات أبعاد هندسية مختلفة نجد أن  $K = 2.084 \text{ Tr.Cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} / \text{Bq.m}^{-3}$  ، وكذلك  $K = 0.0348 \text{ Tr.Cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} / \text{Bq.m}^{-3}$  تبعاً للمتغيرات المستخدمة في المعادلات أعلاه

#### ب- حساب تراكيز الرادون ووليداته

يتم إيجاد تركيز الرادون في الحيز الهوائي للحجرة المحصورة بين سطح العينة

وسطح الكاشف في حجرة التشعيع بوحدات  $\text{Bq.m}^{-3}$  باستخدام العلاقة (Barillon *etal.*, 1993):

$$D_{\text{Rn}^{222}} = \frac{C}{4} r (2 \cos \theta_c - r / R_\alpha) \quad \dots\dots\dots (7-4)$$

أما فيما يخص تراكيز وليدات الرادون الباعثة لجسيمات الفا ( $\text{Po}^{214}$  ,  $\text{Po}^{218}$ ) والتي قد تترسب على جدران حجرة التشعيع أو على وجه الكاشف فإنه على الرغم من أن نسبتها تعتمد على أبعاد الحجرة المستخدمة فقد وجد في عدد من الدراسات أن مساهمتها تكون قليلة عندما يكون نصف قطر حجرة التشعيع الأسطوانية  $1.4 \text{ Cm}$  وبعد العينة عن الكاشف أكبر من  $7 \text{ Cm}$ . ولتحديد مساهمة هذه الوليدات في حساب تراكيز الرادون  $\text{Rn}^{222}$  نستخدم العلاقات التالية لحساب تراكيز الوليدات ( $\text{Po}^{214}$ ,  $\text{Po}^{218}$ ) المترسبة على جدران الحجرة الأسطوانية ووجه الكاشف.

$$D_{\text{Po}^{218}} = D_{\text{Po}^{214}} = \frac{C}{4} r \left[ \frac{h}{r+h} \right] \cos \theta_c \quad \text{على جدران الحجرة} \quad \dots\dots\dots (8-4)$$

$$D_{\text{Po}^{218}} = D_{\text{Po}^{214}} = \frac{C}{4} r \left[ \frac{h}{r+h} \right] \left( \cos \theta_c \frac{r}{R_\alpha} \right) \quad \text{على وجه الكاشف} \quad \dots\dots\dots (9-4)$$

## - حساب كثافته فعالية الرادون في العينات

يمكن إيجاد تركيز الرادون في العينات باستخدام العلاقة الآتية (AL- Bataina *etal.*, 1997)

$$C_s = \lambda_{Rn} C_a h t / L \quad \dots\dots\dots(10-4)$$

إذ أن  $C_s$  تركيز الرادون داخل العينات بوحدة  $Bq.m^{-3}$ ، و  $C_a$  تركيز الرادون في الحيز الهوائي بوحدة  $Bq.m^{-3}$ ، و  $\lambda_{Rn}$  ثابت انحلال الرادون ويساوي 0.1814 day<sup>-1</sup>، و  $h$  ارتفاع الحيز الهوائي ويساوي 9.5 Cm و  $L$  سمك العينة وهو بحدود 1.5 Cm تقريبا، و  $t$  زمن التشعيع بالأيام 60 يوما.

كما يمكن إيجاد الفاعلية الإشعاعية  $A$  للرادون الناتج من العينات المستخدمة بوحدة  $Bq$  وذلك باستخدام العلاقات الآتية:

$$A_{Rn} = C_s \cdot V \quad \dots\dots\dots(11-4)$$

$$V = \pi r^2 L \quad \dots\dots\dots(12-4)$$

إذ أن  $V$  حجم العينة بوحدة  $m^3$ ، و  $r$  نصف قطر حجرة التشعيع المستخدمة 1.19 Cm.

## د- حساب تركيز اليورانيوم

لإيجاد تركيز اليورانيوم لابد من حساب عدد ذرات الرادون  $N_{Rn}$  من العلاقة:

$$A_{Rn} = \lambda_{Rn} \cdot N_{Rn} \quad \dots\dots\dots(13-4)$$

وباستخدام قانون التوازن الإشعاعي المثالي Ideal أو الابدي Secular equilibrium يتم إيجاد عدد ذرات اليورانيوم في العينات المستخدمة من المعادلة:

$$\lambda_U \cdot N_U = \lambda_{Rn} \cdot N_{Rn} \quad \dots\dots\dots(14-4)$$

إذ أن  $\lambda_U$  ثابت انحلال اليورانيوم ومقداره  $4.9 \times 10^{-18} \text{ Sec}^{-1}$ ، أما وزن اليورانيوم في العينات ( $W_U$  gm) فيمكن إيجاده من العلاقة:

$$W_U = \frac{N_U \cdot A_U}{N_{av}} \quad \dots\dots\dots(15-4)$$

إذ  $A_u$  العدد الكتلي لليورانيوم  $^{238}\text{U}$  و  $N_{av}$  تمثل عدد أفوكادرو ويساوي  $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

ولإيجاد تركيز اليورانيوم في العينات بوحدة ppm نستخدم العلاقة الآتية:

$$C_U (\text{ppm}) = \frac{W_U}{W_s} \quad \dots\dots\dots(16-4)$$

## - حساب محتوى الراديوم الفعال

إن محتوى الراديوم  $C_{Ra}$  في العينة هو مقدار ما تحتويه العينة فعليا من عنصر الراديوم الذي ينحل إلى رادون ويحسب بوحدات  $Bq.kg^{-1}$  من العلاقة الآتية (Azam *etal.*, 1995)

$$C_{Ra} = \left[ \frac{\rho}{K.T_e} \right] \left[ \frac{h.a}{W_s} \right] \quad \dots\dots\dots(17-4)$$

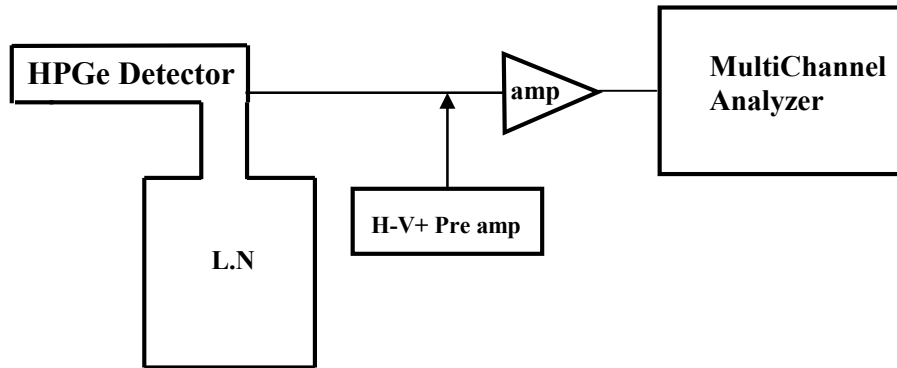
إذ يمثل  $a$  المساحة السطحية للعينة، و  $T_e$  زمن التعرض (التشعيع) الفعال Effective Exposure Time ويعطى بالعلاقة:

$$T_e = \left[ T - \lambda_{Rn}^{-1} (1 - e^{-\lambda_{Rn} T}) \right] \quad \dots\dots\dots(18-4)$$

إذ يمثل  $T$  زمن التشعيع الكلي ويساوي 60 يوما، وقد وجد ان زمن التعرض الفعال يساوي بحدود 54.494 يوم.

### 3.4 القياسات بتقنية تحليل طيف اشعه كاما واستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة HPGe

تعد تقنية تحليل اطياف اشعة كاما من التقانات المهمة والواسعة الاستخدام في الكشف عن العناصر والنوى التي تبعث اشعة كاما، فهذه المحلات لها خواصها المتميزة من حيث قدرة التحليل ودقة النتائج و إمكانية العمل في الطاقات الواطئة، وتتكون المنظومة المستخدمة في هذه التقنية من الاجهزة التالية وكما موضحة في الشكل (2-4)



الشكل (2-4) يوضح منظومة تحليل طيف اشعه كاما

#### 1 - كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة High Purity Germanium Detector

نوعه CANBERRA.85 موصول بقارورة سائل النيتروجين لغرض تبريده إلى درجة الحرارة اللازمة للحفاظ على بلورة الكاشف أثناء العمل وتقليل الضوضاء .

## 2 - مجهز القدرة العاليه High Power Supply

يقوم بتجهيز الفولتية اللازمه لتشغيل الكاشف والتي قيمتها  $3200 \text{ Volt}$  لكاشف الجرمانيوم عالي النقاوة ويحتوي هذا الجهاز على تدرج للفولتية بين  $(0 - 5000) \text{ Volt}$ .

## 3 - المضخم الابتدائي Pre Amplifier

يقوم المضخم الابتدائي بتشكيل النبضة المتولدة في الكاشف وذلك بتغيير اتساعها وتقليل التشويش المصاحب لها ويؤدي ذلك إلى تغيير سعتها كما يوفر موائمة الممانعة بين الكاشف والمضخم الرئيسي ويوضع المضخم الابتدائي عادة بالقرب من الكاشف وذلك لأهميته في زيادة النسبة بين النبضة إلى الضجيج Signal-to-Noise Ratio.

## 4 - المضخم الرئيسي Main Amplifier

يقوم هذا الجهاز بتكبير النبضات الناتجة من المضخم الابتدائي والداخله إليه بقطبية موجبة او سالبة، كما يقوم بتشكيل النبضة وتقليل الضوضاء فيه وله طرائق إخراج احادية القطبية Uni. Polar. يمتلك المضخم الرئيسي علاقة خطية بين سعة النبضة الداخلة وسعة النبضة الخارجة ويطلق على النسبة بين سعة النبضة الخارجة إلى سعة النبضة الداخلة بالربح Gain ويمكن تغيير الربح بتغيير عامل التوهين Attenuation Factor كما يحتوي الجهاز على مفتاح لتغيير الثابت الزمني Time Constant في المدى  $(0.04 - 10) \text{ Sec}$  وقد تم اختيار الثابت الزمني  $1 \text{ Sec}$ .

## 5 - محلل الاطياف متعدد القنوات (MCA) نموذج (85 - CANBERRA)

إن محلل الاطياف المستخدم في هذه الدراسة هو جهاز متقدم يستخدم لتحليل اطياف اشعة كاما مجهز من شركة CANBERRA يحتوي على 4096 قناة وعلى ثلاث حاسبات مايكروية Micro Processors إذ تسيطر الحاسبات على ذاكرته ووحدة المعلومات فيه ووحدة معالجة الإشارة ووحدة إدخال المعلومات و إخراجها بين الجهاز والاجهزة المستخدمة. الميزة الرئيسية لهذا الجهاز قدرته العالية على تحليل اطياف اشعة كاما المعقدة .

ويمكن تصنيف استخدامات محلل الاطياف إلى ثلاثة اصناف رئيسه هي تحليل سعة النبضة Pulse Height Analysis وتدرج القنوات المتعددة Multi Channel Scaling وقائمة الخزن List Storage. إذ يقوم المحلل متعدد القنوات باستلام النبضات الخطية من المضخم الرئيسي ويصنفها حسب سعتها ومن ثم خزنها في مواقع تعتمد على السعة ثم عرضها بشكل صور مرئية لطيف الإشعاع. يتبث مؤشر المميز السفلي LLD عند قيمه صغيره وذلك ليتم حجب النبضات الخلفية الإشعاعية والضوضاء بينما يوضع مؤشر المميز العلوي ULD عند

أقصى قيمة له وذلك لكي يشمل اغلب النبضات وينظم زمن الإخماد Dead Time من خلال مفتاح الربح بحيث يكون أقل ما يمكن.

إن لوحة إظهار المعلومات في محلل الأطياف لنموذج 85 قادرة على إظهار أي جزء مختار من ذاكرة خزن المعلومات عند الحاجة وفضلا عن ذلك يمكن أن تزودنا هذه اللوحة لومات الآتية:

أ - التدرج العمودي (VFS) Vertical Full Scale

ب - ميزة توسيع الطيف Expand And Window Functions

– مناطق اهتمام متعددة Regions of Interest (ROIs) مثل ميزة التراكب Overlap Function بين طيفين مختارين وميزة النقل Transfer Function نقل المعلومات من ذاكرة إلى أخرى فضلا عن إمكان تحريك المؤشرين إلى أية منطقة اهتمام يتطلب دراستها بواسطة ميزة الدلالة Index Function.

### 1.3.4 معايرة الطاقة Energy calibration

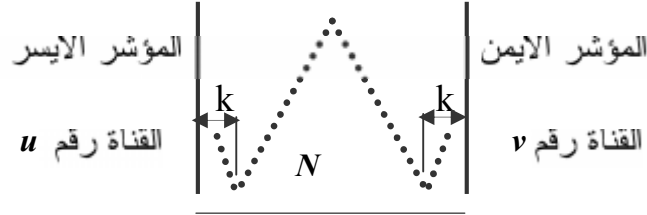
من الميزات الرئيسة لمحلل الأطياف هي قدرته على تحويل رقم القناة إلى وحدة عيارية (طاقة أو زمن) مكافئة، ويمكن اختيار الوحدة العيارية المطلوبة من خلال عملية المعايرة. إن معايرة المطياف باستخدام عناصر مشعة عيارية ذات نطاق طاقي مناسب تمكننا من تحديد الدروات وقياسها للعينات المدروسة وقد استخدمت لعملية المعايرة مصادر قياسية تم الحصول عليها من الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA  $^{60}\text{Co}$  الذي يمتلك خطين كاميين عند  $1170, 1332 \text{ keV}$  و  $^{137}\text{Cs}$  عند الطاقة  $662 \text{ keV}$  وذلك للحصول على مقدار الطاقة لكل قناة ( $\text{keV} / \text{Channel}$ ) وقد وجد من خلال طيف العينات التي تم الحصول عليها أن هناك خطوط كامية كثيرة تعود إلى نوى  $^{214}\text{Bi}$  والناتج من انحلال سلسلة  $^{238}\text{U}$  ذات طاقات مختلفة (2205, 1765, 1730, 1232, 1121, 609.3)  $\text{keV}$ . وأن أحسن خط تم تمييزه واختياره للمقارنة كان الخط الكامي ذو الطاقة  $1765 \text{ keV}$ .

### 2.3.4 حساب المساحة الحقيقية تحت الدروة Net Area Function

إن دالة المساحة تعطي مجموع العدات الواقعة بين المؤشرين بعد طرح الخلفية الإشعاعية والتي يمكن تحديدها بدقة إذ أن المساحة الصافية تحت الدروة تساوي:

$$Net.Area = \sum_{a=u}^v Xa - (N/2).(B_1 + B_2) \dots\dots\dots(19-4)$$

إذ يمثل  $N = (v - u + 1)$  عدد القنوات و  $B_1$  و  $B_2$  الأشعة الخلفية يسار ويمين الدروة. ويبين الشكل (3-4) كيفية حساب المسافة الحقيقية للدروات.  $k$  تمثل عدد نقاط النهاية



الشكل (3-4) مخطط لحساب المساحة الحقيقية تحت الدروة

### 3.3.4 تحديد تركيز اليورانيوم المنضب في العينات

تتم عملية تحليل طيف العينات قيد الدرس بوزن  $10\text{ gm}$  من كل عينه وتجميع الطيف لها لمدة ساعتين وكذلك للعينه القياسية التي وزنها  $20\text{ gm}$  وبعد الحصول على قيم المساحة الصافية تحت المنحني للقمم  $1765\text{ KeV}$  التي تعود إلى اليورانيوم  $U^{238}$  في تلك العينات يتم حساب تركيز اليورانيوم المنضب باستخدام العلاقة الآتية:

$$\frac{A}{A_s} = \frac{w}{w_s} \times \frac{C}{C_s}$$

.....(19-4)

$$C(U^{238}) = \frac{A}{A_s} \times \frac{w_s}{w} \times C_s \quad \text{.....(20-4)}$$

إذ تمثل كلا من  $A$  و  $A_s$  المساحة تحت المنحني للعينات والعيينة القياسية على التوالي، و  $C$  و  $C_s$  تركيز اليورانيوم المنضب بوحدات  $\text{ppm}$  في العينات والعيينة القياسية على التوالي و  $w$  و  $w_s$  وزن العينة والعيينة القياسية.



الفصل الخامس  
النتائج  
والمناقشة

## الفصل الخامس

### النتائج والمناقشة

من المعروف ان استخدام دخائر تحتوي على مواد مشعة منها اليورانيوم المنضب في العمليات العسكرية يسبب تلوثا في المنطقة التي تتعرض للقصف بسبب تحرر ذرات المواد المشعة على شكل غبار والتي تتبع عند ارتطام القذيفة بالهدف وانتشارها لمسافات تعتمد على عدد من العوامل البيئية فضلا عن حجم جزيئات الغبار ودرجة الحرارة، فان عملية تحديد التلوث باليورانيوم المنضب (DU) في العينات البيئية تكون صعبة وذلك لان DU و  $U^{235}$  و  $U^{238}$  تكون موجودة او ممزوجة بنسب مختلفة في العينات.

في دراستنا الحالية تم استخدام تقنيتين: الاولى تقنية كاشف الاثر النووي CR-39 واستخدام حجرات زجاجية اسطوانية الشكل وبابعاد محددة لغرض تشيع الكاشف وان استخدام مثل هذه الحجرات يتطلب حساب ثابت الانتشار  $K$  الذي يعتمد على الابعاد الهندسية للحجرة المستخدمة ومدى الجسيمات المشحونة والزاوية الحرجة للكاشف المستخدم. كما ان اختيار انصاف اقطار الحجرات المستخدمة والمسافة بين العينات وسطح الكاشف اعتمد استنادا إلى المعادلات الرياضية المذكورة سابقا والتي تم بموجبها تحديد تلك الابعاد. وعليه فقد اعتمدنا حجرات اسطوانية نصف قطرها  $1.19 \text{ Cm}$  ووجدنا ان قيمة  $K$  تساوي  $0.402 \text{ Cm}$  او  $0.0348 \text{ Tr.Cm}^{-2}.d^{-1} / \text{Bq.m}^{-3}$  او  $2.084 \text{ Tr.Cm}^{-2}.hr^{-1} / \text{Bq.m}^{-3}$

يبين الجدول (1-5) رموز العينات وتوزيعها على المناطق التي اخذت منها العينات كما ويبين كثافة اثار جسيمات الفا وتركيز الرادون في الحيز الهوائي وتركيز الرادون داخل العينات. إذ تم تثبيت الحيز الهوائي للحجرات الاسطوانية المذكورة من خلال تثبيت الكاشف على بعد  $9.5 \text{ Cm}$  من العينات والتي كانت كتلة كل منها  $5 \text{ gm}$ .

كما ويلاحظ من الجدول المذكور ان كثافة الاثار المسجلة في الكاشف تتراوح بين  $2339-5380 \text{ Tr.Cm}^{-2}$  بعد طرح الخلفية الإشعاعية Back ground والتي كانت بالمعدل تساوي  $217 \text{ Tr.Cm}^{-2}$ .

وكذلك نلاحظ من الجدول (1-5) ان تركيز الرادون في الحيز الهوائي للحجرة الاسطوانية يتراوح بين اقل قيمة  $1.121 \times 10^3 \text{ Bq.m}^{-3}$  D من منطقة حقل الرميلى الشمالى واعلى قيمة  $2.582 \times 10^3 \text{ Bq.m}^{-3}$  W من منطقة محطة خورناج اي بزيادة اكثر من الضعف. علما ان تركيز الرادون في الحيز الهوائي يعتمد بالاساس على كتلة العينات المستخدمة بثبوت بقية المتغيرات. اما اقل قيمة لتركيز الرادون داخل العينات فقد بلغت  $0.773 \times 10^5 \text{ Bq.m}^{-3}$

الجدول (1-5) يوضح رموز العينات وتوزيعها على المناطق المدروسة وكثافته الاثار وتركيز الرادون في الحيز الهوائي وداخل العينات

الرادون داخل العينات $C_s (Bq.Kg^{-1})$	الرادون داخل العينات $C_s (Bq.m^{-3}) \times 10^5$	كثافته فعاله الرادون في الحيز الهوائي $C_a (Bq.m^{-3}) \times 10^3$	كثافته الاثار $\rho (Tr.Cm^{-2})$	رمز العينه	اسم المنطقه
216.8	1.624	2.356	4910	A	الرميله الشمال
138.6	1.038	1.506	3138	B	
164.6	1.234	1.790	3730	C	
103.2	0.773	1.121	2337	D	
163.0	1.221	1.771	3690	E	
153.6	1.151	1.670	3480	F	مفرق
125.0	0.937	1.360	2833	G	صفوان
142.0	1.064	1.543	3215	H	ام قصر
139.0	1.041	1.510	3140	I	
168.0	1.259	1.826	3805	J	
137.0	1.026	1.488	3100	K	كديره
179.4	1.343	1.948	4060	L	العظمى ومطار الشاميه
129.4	0.969	1.406	2930	M	
173.0	1.297	1.881	3920	N	
184.0	1.378	1.999	4165	O	
186.6	1.398	2.028	4225	P	
231.0	1.731	2.512	5235	Q	بين
229.2	1.718	2.493	5195	R	كديره
189.8	1.422	2.063	4300	S	العظمى ومحطه
184.8	1.384	2.008	4185	T	
170.4	1.277	1.852	3859	U	
148.8	1.115	1.617	3370	V	خورناج
237.6	1.780	2.582	5380	W	
234.4	1.756	2.548	5310	X	
215.0	1.611	2.337	4870	Y	الخفيه
9.600	0.072	0.104	217	Z	الإشعاعيه

او  $103.2 Bq.Kg^{-1}$  **D** و اعلى قيمة كانت  $1.78 \times 10^5 Bq.m^{-3}$  او  $237.6 Bq.Kg^{-1}$  **W** وان معدل تركيز الرادون في العينات المستخدمة بلغ  $1.302 \times 10^5 Bq.m^{-3}$  او  $173.7684 Bq.Kg^{-1}$ .

لقد نشرت المنظمة الدولية للحماية من الاشعاع (ICRP) تحذيرات عن حدود التعرض لغاز الرادون من خلال الحدود المسموح بها والبالغة  $(200-800) Bq.m^{-3}$  والذي اكدته الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الصحة العالمية، ومن ملاحظة النتائج التي حصلنا عليها نجد ان تركيز غاز الرادون الناتج من العينات قد ارتفع بمعدل عشر مرات عن الحد الطبيعي مما يشير الى خطورة التعامل مع البيئة الجنوبية الملوثة للعراق ومما يؤكد استخدام القذائف الحاوية على اليورانيوم المنضوب من قبل قوات التحالف في حرب الخليج الثانية سنة 1991.

اما فيما يخص الجرعة التي يتعرض لها المواطنون من جراء العيش او التعامل مع هذه المناطق الملوثة، فمن خلال حساب الجرعة المكافئة لتراكيز الرادون نجد انها تتراوح بين  $(2-20) mSv/yr$  والذي هو اعلى من الحدود الطبيعية البالغة  $(2-20) mSv/yr$  بعشر مرات تقريبا (Abumurad *et al.*, 1994).

اما الجدول (2-5) فيوضح الفاعلية الإشعاعية لغاز الرادون ومحتوى الراديوم الفعال وعدد ذرات اليورانيوم ووزنه وتركيزه في العينات. فقد تراوحت قيم الفاعلية الإشعاعية بين  $0.516 Bq$  و  $1.188 Bq$  **D** علما ان حجم العينات المدروسة كان  $V = 6.673 \times 10^{-6} m^3$  تقريبا. اما تركيز الراديوم فقد تراوح بين اقل قيمة  $10.437 Bq.Kg^{-1}$  و اعلى قيمة  $24.027 Bq.Kg^{-1}$  **D**.

ومما تجدر الإشارة اليه بهذا الصدد ان دراسة بيئية اجريت من قبل (Saleh and Meqwar, 1995) شملت مناطق (البصرة والزبير وجبل سنام وحقلي الرميثة الشمالي والجنوبي) اشارت الى ان تراكيز الراديوم تراوحت بين  $(62-275) Bq.Kg^{-1}$  وان الفرق بين هذه القيم والقيم التي حصلنا عليها قد يعود الى الفترة الطويلة التي مضت على الحرب والعوامل البيئية من امطار وغبار متراكم على هذه الدبابات والمعدات قد ادى الى انخفاض تراكيز الراديوم في هذه العينات.

اما فيما يخص مناطق اخرى خارج العراق فقد اجريت دراسة من قبل (Azam *et al.*, 1995) في منطقة شمال الهند شملت انواع من مواد البناء المستخدمة في البيوت والمنازل لقياس تراكيز الراديوم فيها، وقد وجد ان تراكيز الراديوم تراوحت بين  $(0.289-3.138) Bq.Kg^{-1}$  ومن ملاحظة النتائج التي حصلنا عليها في بحثنا نجد ان تراكيز

الجدول (2-5) يوضح الفاعلية الإشعاعية لعاز الرادون ومحتوى الراديوم الفعال وعدد ذرات اليورانيوم ووزنه وتركيزه في العينات

رمز العينة	الفاعلية الإشعاعية للرادون $A_{Rn} (Bq)$	محتوى الراديوم الفعال $C_{Ra} (Bq.Kg^{-1})$	عدد ذرات اليورانيوم في العينات $N_U \times 10^{17}$	وزن اليورانيوم في العينات $W_U (gm) \times 10^{-6}$	تركيز اليورانيوم في العينات $C_U (ppm)$
A	1.084	21.928	2.212	87.541	$17.49 \pm 0.25$
B	0.693	14.014	1.414	55.902	$11.18 \pm 0.20$
C	0.823	16.658	1.680	66.418	$13.28 \pm 0.21$
D	0.516	10.437	1.033	40.839	$8.170 \pm 0.17$
E	0.815	16.479	1.663	65.746	$13.15 \pm 0.21$
F	0.768	15.541	1.567	61.951	$12.39 \pm 0.21$
G	0.625	12.652	1.276	50.446	$10.09 \pm 0.19$
H	0.710	14.358	1.440	56.930	$11.39 \pm 0.20$
I	0.695	14.023	1.400	55.348	$11.07 \pm 0.20$
J	0.840	16.993	1.710	67.604	$13.52 \pm 0.22$
K	0.685	13.844	1.449	57.286	$11.46 \pm 0.19$
L	0.897	18.132	1.831	72.388	$14.48 \pm 0.22$
M	0.647	13.085	1.320	52.186	$10.44 \pm 0.19$
N	0.865	17.506	1.765	69.779	$13.96 \pm 0.22$
O	0.920	18.600	1.878	74.246	$14.85 \pm 0.23$
P	0.933	18.868	1.904	75.274	$15.05 \pm 0.23$
Q	1.155	23.379	2.357	93.183	$18.64 \pm 0.25$
R	1.146	23.200	2.339	92.472	$18.49 \pm 0.25$
S	0.949	19.203	1.937	76.579	$15.32 \pm 0.23$
T	0.924	18.690	1.886	74.562	$14.91 \pm 0.23$
U	0.852	17.234	1.739	68.751	$13.75 \pm 0.22$
V	0.744	15.050	1.518	60.013	$12.00 \pm 0.20$
W	1.188	24.027	2.424	95.832	$19.17 \pm 0.26$
X	1.172	23.714	2.392	94.567	$18.91 \pm 0.25$
Y	1.075	21.749	2.194	86.739	$17.35 \pm 0.24$
Z	0.048	0.9690	0.098	3.8740	$0.775 \pm 0.05$

الراديووم قد ارتفعت بمعدل عشر مرات تقريبا في المنطقة الجنوبية من العراق بسبب استخدام قذائف اليورانيوم المنضوب في حرب الخليج الثانية سنة 1991. ومن الجدير بالملاحظة ان تركيز اليورانيوم تراوح بين  $8.17 \pm 0.17 \text{ ppm}$  و  $19.17 \pm 0.26 \text{ ppm}$  . اما معدل تركيز اليورانيوم لمنطقة حقل الرميعة الشمالي فكان  $12.654 \pm 0.2 \text{ ppm}$  ولمنطقة مفرق طريق صفوان-ام قصر كان  $11.692 \pm 0.2 \text{ ppm}$  ولمنطقتي كديره العظمى ومطار الشامية كان  $13.038 \pm 0.21 \text{ ppm}$  وللمنطقة بين كديره العظمى ومحطة خورناج كان  $16.482 \pm 0.23 \text{ ppm}$  وفي منطقة محطة خورناج كان  $16.236 \pm 0.23 \text{ ppm}$ . كما يبين الجدول ان تركيز اليورانيوم الذي يعود إلى الخلفية الإشعاعية في المختبر مساويا إلى  $0.775 \pm 0.052 \text{ ppm}$  علما ان الخلفية الإشعاعية لآتربة من مقالع السممت في بادوش وسنجانر في مدينة الموصل تراوحت بين  $(0.2-1.2) \text{ ppm}$  ( النعيمي، 1997).

اما التقنية الثانية التي استخدمت فهي تقنية تحليل اطياف اشعة كاما المنبعثة من العينات باستخدام كاشف الجرمانيوم عال النقاوة ومحلل الاطياف متعدد القنوات. إن الطريقة التي اعتمدت في تحديد تراكيز اليورانيوم  $^{238}\text{U}$  في العينات استندت على مقارنة اطياف اشعة كاما المنبعثة من العينات مع طيف العينة القياسية معلومة التركيز  $65 \text{ ppm}$ . ومن الجدير بالذكر ان ذروة اليورانيوم الناتجة عن جميع العينات عند الطاق  $1765 \text{ keV}$  كانت مطابقة بالموقع (اي بالطاقة) للذروة الناتجة عن العينة القياسية. ومن خلال حساب المساحة تحت الذروة لليورانيوم  $^{238}\text{U}$  العينة القياسية وجد انها تساوي 637 و 380 للتوريوم  $^{232}\text{Th}$  عند الطاقة  $2615 \text{ keV}$ .

الجدول (3-5) يوضح مساحة ذروة اليورانيوم  $^{238}\text{U}$  والتوريوم  $^{232}\text{Th}$  للعينات كما ويبين تركيز اليورانيوم فيها ونسبة اليورانيوم إلى التوريوم علما ان المساحة تحت الذروة لليورانيوم تتناسب مع تركيزه في العينات. ففي العينة D كان تركيز اليورانيوم  $9.74 \pm 1.41 \text{ ppm}$  وهو اقل قيمة وكانت المساحة تحت الذروة للعينة نفسها 48. اما العينة W فكان تركيز اليورانيوم فيها  $20 \pm 2.02 \text{ ppm}$  وهو اعلى قيمة وكانت المساحة تحت الذروة للعينة نفسها 98. ومن الجدير بالذكر ان نسبة اليورانيوم إلى التوريوم في الطبيعة بحدود  $(\text{U}^{238} / \text{Th}^{232} = 0.52)$  بينما نلاحظ من الجدول ان هذه النسبة قد اظهرت زيادة لكل العينات تراوحت بين (0.67-1.25) وهو اعلى من النسبة الطبيعية مما يدل على ان هناك إخلال بنسبة  $\text{U}^{238} / \text{Th}^{232}$  الطبيعية مما يشير إلى ان قذائف اليورانيوم المنضوب قد استخدمت في قصف المعدات والاهداف العسكرية في حرب الخليج الثانية سنة 1991، وقد اكدت الفحوصات الميدانية التي شملت مناطق منتخبة من جنوب العراق

الجدول (3-5) يوضح المساحة تحت الدروة لليورانيوم  $^{238}\text{U}$  والتوريوم  $^{232}\text{Th}$  وتركيز اليورانيوم في العينات ونسبه اليورانيوم إلى التوريوم

رمز العينه	المساحة تحت الدروة لليورانيوم $^{238}\text{U}$	المساحة تحت الدروة للتوريوم $^{232}\text{Th}$	تركيز اليورانيوم $C_U (ppm)$	$^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$
A	93	81	$18.97 \pm 1.96$	1.14
B	59	67	$12.04 \pm 1.56$	0.88
C	72	90	$14.64 \pm 1.72$	0.80
D	48	71	$9.790 \pm 1.41$	0.67
E	70	82	$14.28 \pm 1.70$	0.85
F	67	80	$13.67 \pm 1.67$	0.83
G	58	61	$11.83 \pm 1.55$	0.95
H	63	50	$12.85 \pm 1.61$	1.26
I	62	59	$12.65 \pm 1.60$	1.05
J	70	59	$14.28 \pm 1.70$	1.18
K	60	58	$12.24 \pm 1.58$	1.03
L	75	84	$15.30 \pm 1.76$	0.89
M	57	68	$11.63 \pm 1.54$	0.83
N	71	57	$14.48 \pm 1.71$	1.24
O	76	72	$15.51 \pm 1.77$	1.05
P	79	89	$16.12 \pm 1.81$	0.88
Q	97	79	$19.79 \pm 2.00$	1.22
R	95	65	$19.38 \pm 1.98$	1.46
S	79	55	$16.12 \pm 1.81$	1.43
T	78	79	$15.90 \pm 1.80$	0.98
U	71	71	$14.48 \pm 1.71$	1.00
V	61	53	$12.44 \pm 1.59$	1.15
W	98	78	$20.00 \pm 2.02$	1.25
X	95	79	$19.38 \pm 1.98$	1.20
Y	89	63	$18.16 \pm 1.92$	1.41
Z	10	19	$1.020 \pm 0.32$	0.52

الجدول (4-5) يوضح مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها لكلا التقنيتين

رمز العينة	تركيز اليورانيوم $C_U$ (ppm) بتقنية كاشف CR-39	تركيز اليورانيوم $C_U$ (ppm) بتقنية كاشف HPGe
A	$17.49 \pm 0.25$	$18.97 \pm 1.96$
B	$11.18 \pm 0.20$	$12.04 \pm 1.56$
C	$13.28 \pm 0.21$	$14.64 \pm 1.72$
D	$8.170 \pm 0.17$	$9.790 \pm 1.41$
E	$13.15 \pm 0.21$	$14.28 \pm 1.70$
F	$12.39 \pm 0.21$	$13.67 \pm 1.67$
G	$10.09 \pm 0.19$	$11.83 \pm 1.55$
H	$11.39 \pm 0.20$	$12.85 \pm 1.61$
I	$11.07 \pm 0.20$	$12.65 \pm 1.60$
J	$13.52 \pm 0.22$	$14.28 \pm 1.70$
K	$11.46 \pm 0.19$	$12.24 \pm 1.58$
L	$14.48 \pm 0.22$	$15.30 \pm 1.76$
M	$10.44 \pm 0.19$	$11.63 \pm 1.54$
N	$13.96 \pm 0.22$	$14.48 \pm 1.71$
O	$14.85 \pm 0.23$	$15.51 \pm 1.77$
P	$15.05 \pm 0.23$	$16.12 \pm 1.81$
Q	$18.64 \pm 0.25$	$19.79 \pm 2.00$
R	$18.49 \pm 0.25$	$19.38 \pm 1.98$
S	$15.32 \pm 0.23$	$16.12 \pm 1.81$
T	$14.91 \pm 0.23$	$15.90 \pm 1.80$
U	$13.75 \pm 0.22$	$14.48 \pm 1.71$
V	$12.00 \pm 0.20$	$12.44 \pm 1.59$
W	$19.17 \pm 0.26$	$20.00 \pm 2.02$
X	$18.91 \pm 0.25$	$19.38 \pm 1.98$
Y	$17.35 \pm 0.24$	$18.16 \pm 1.92$
Z	$0.775 \pm 0.05$	$1.020 \pm 0.32$

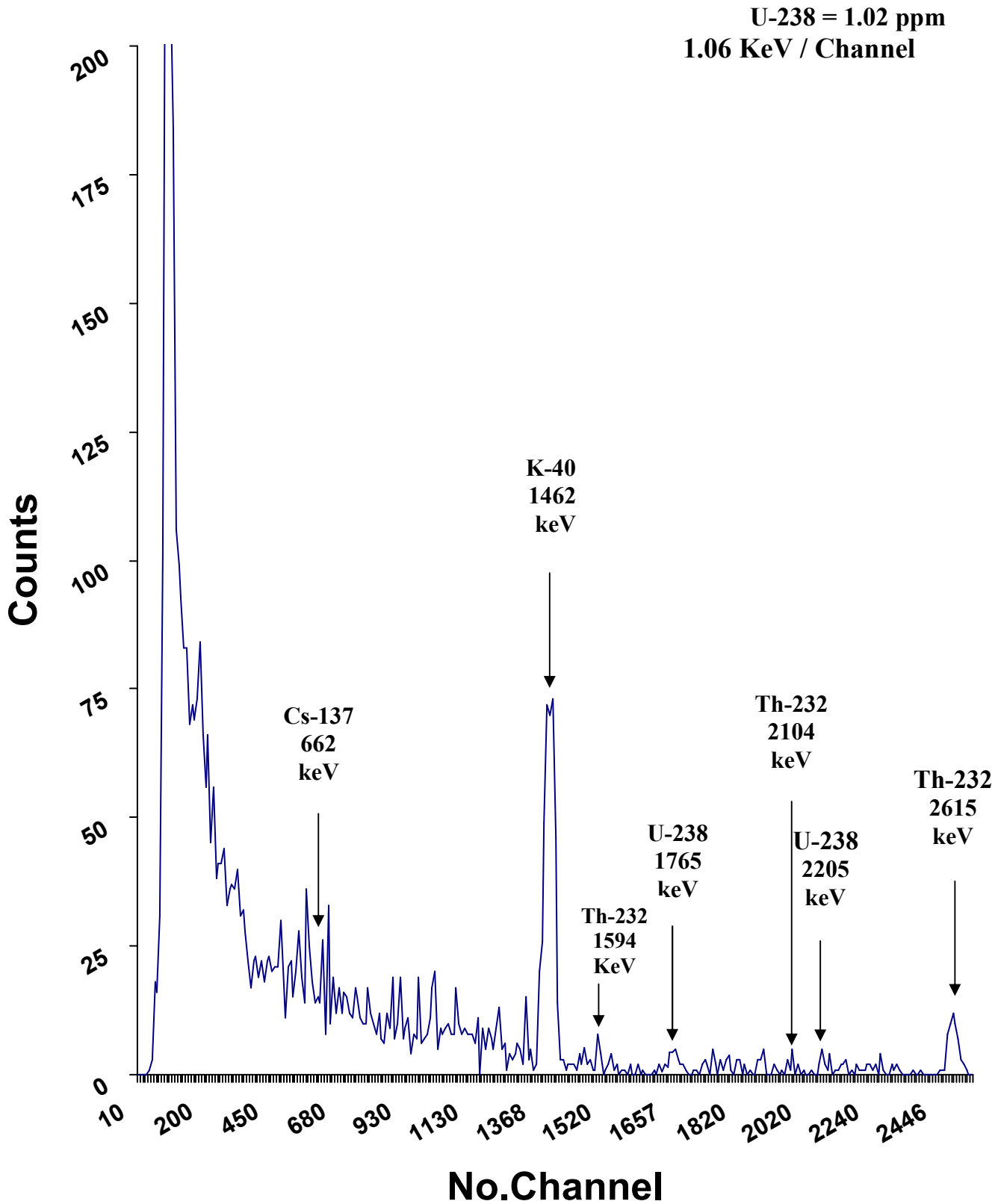


من قبل عدد من الباحثين الاجانب والعراقيين وجود زيادة في تراكيز اليورانيوم عن الحد الطبيعي للخلفية الإشعاعية في اترية تلك المواقع حتى بعد مرور عقد من الزمن على انتهاء الحرب. ومن المتوقع ان تزداد الاوضاع الصحية والبيئية سوءا في العراق نتيجة لاستخدام ذخائر اليورانيوم المنضوب إذ ان عمره النصفى يساوي 4.5 مليار سنة وستبقى تأثيراته الضارة لاجيال عديدة متتالية.

اما مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من التقنيتين المستخدمتين فإنها موضحة بالجدول (4-5) والتي تشير إلى انها متقاربة وان الاختلاف القليل يمكن ان يعزى إلى الاخطاء التي ترافق القياسات التجريبية. وختاما لابد من الإشارة إلى ان تراكيز اليورانيوم وكذلك نسبة اليورانيوم إلى الثوريوم قد اختلف بشكل واضح عن القيم والنسب الطبيعية المعروفة والتي تم شرحها في اعلاه.

ان طيف العينات التي تم تحليلها موضح في الاشكال التالية، إذ يمثل الشكل (1-5) الطيف العائد للخلفية الإشعاعية داخل المختبر والشكل (2-5) يوضح الطيف الناتج عن العينة القياسية ويبين الشكل (3-5) طيف العينة W والتي تحتوي على اعلی تركيز لليورانيوم  $U^{238}$  اما الشكل (4-5) فيوضح طيف العينة Q والشكل (5-5) يوضح طيف العينة S اما الشكل (6-5) فيمثل طيف العينة W مقارن مع طيف الخلفية الإشعاعية. كما وتشير الاشكال المبينة ظهور دروات عنصري السيزيوم  $Cs^{137}$  والبوتاسيوم  $K^{40}$  عند الطاقات  $662\ keV$  و  $1462\ keV$  على التوالي في جميع العينات والتي تعود إلى الخلفية الإشعاعية في المناطق المدروسة.

## Back Ground



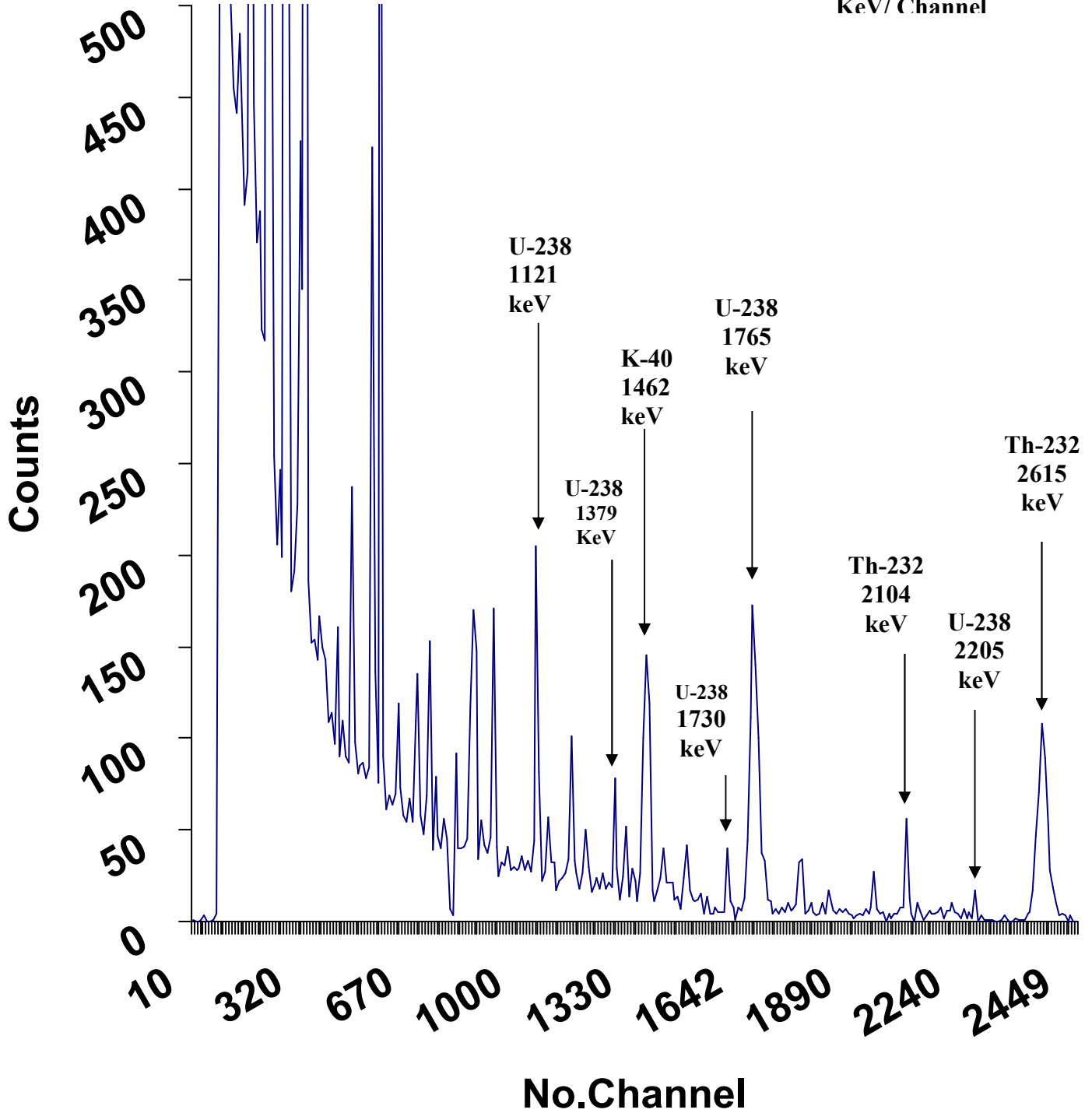
الشكل (1-5) يوضح طيف اشعه كاما العائد للخلفية الاشعاعية داخل

## Standard source

U-238 = 65 ppm

1.07

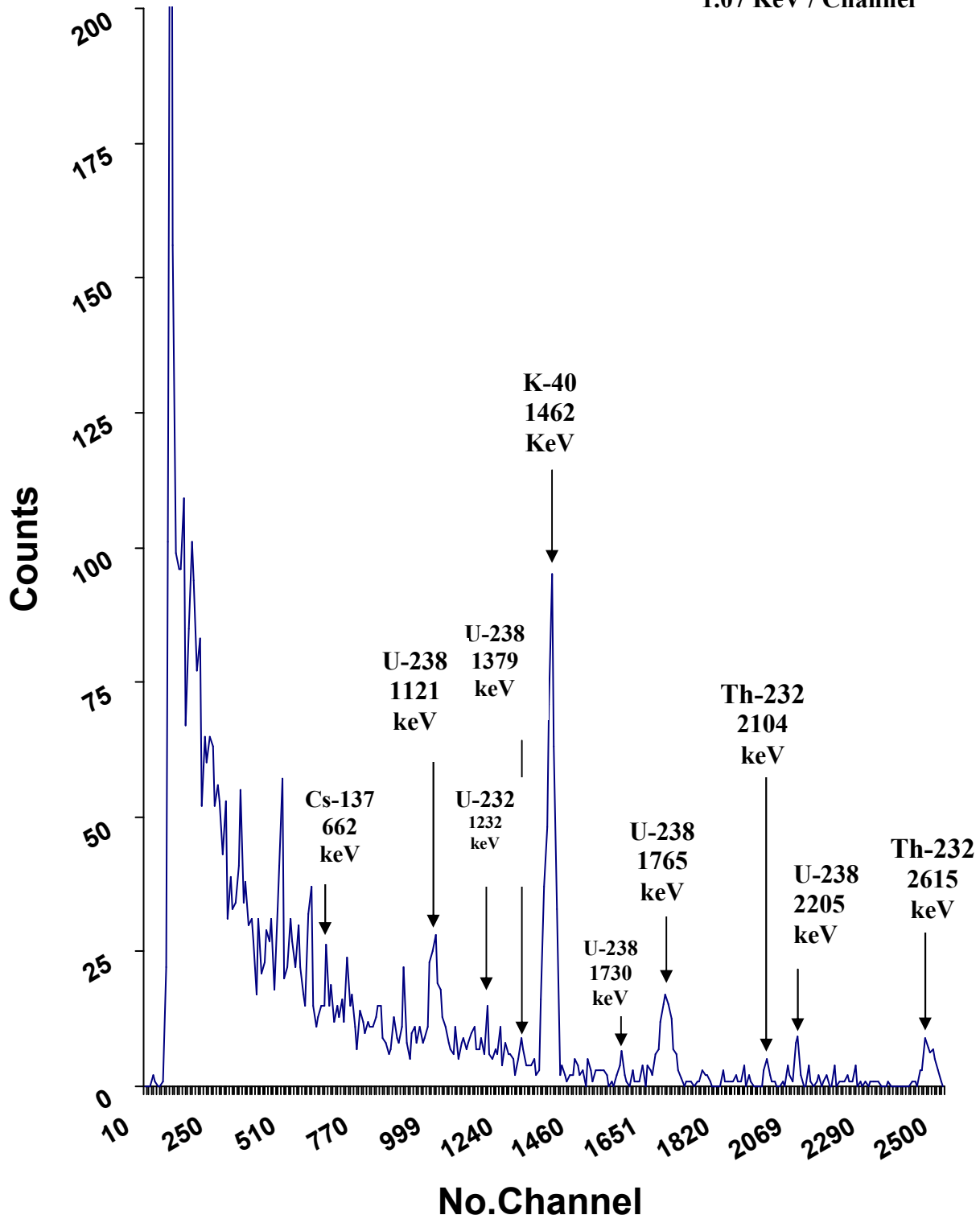
KeV/ Channel



الشكل (2-5) يوضح طيف اشعه كاما الناتج عن العينة القياسية

## Sample.W

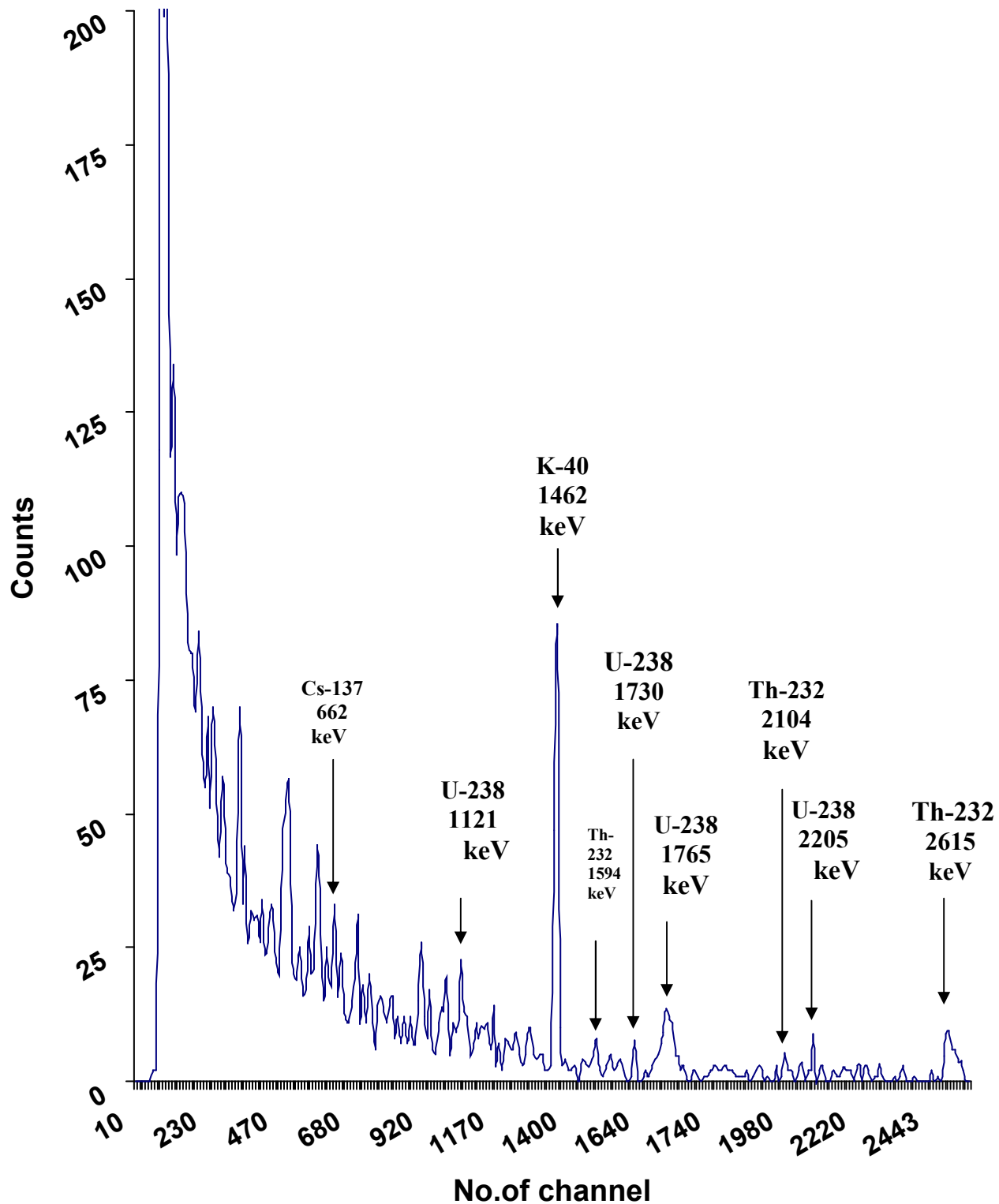
U-238 = 20 ppm  
1.07 KeV / Channel



الشكل (3-5) يوضح طيف أشعة كاما العائد للعينة W

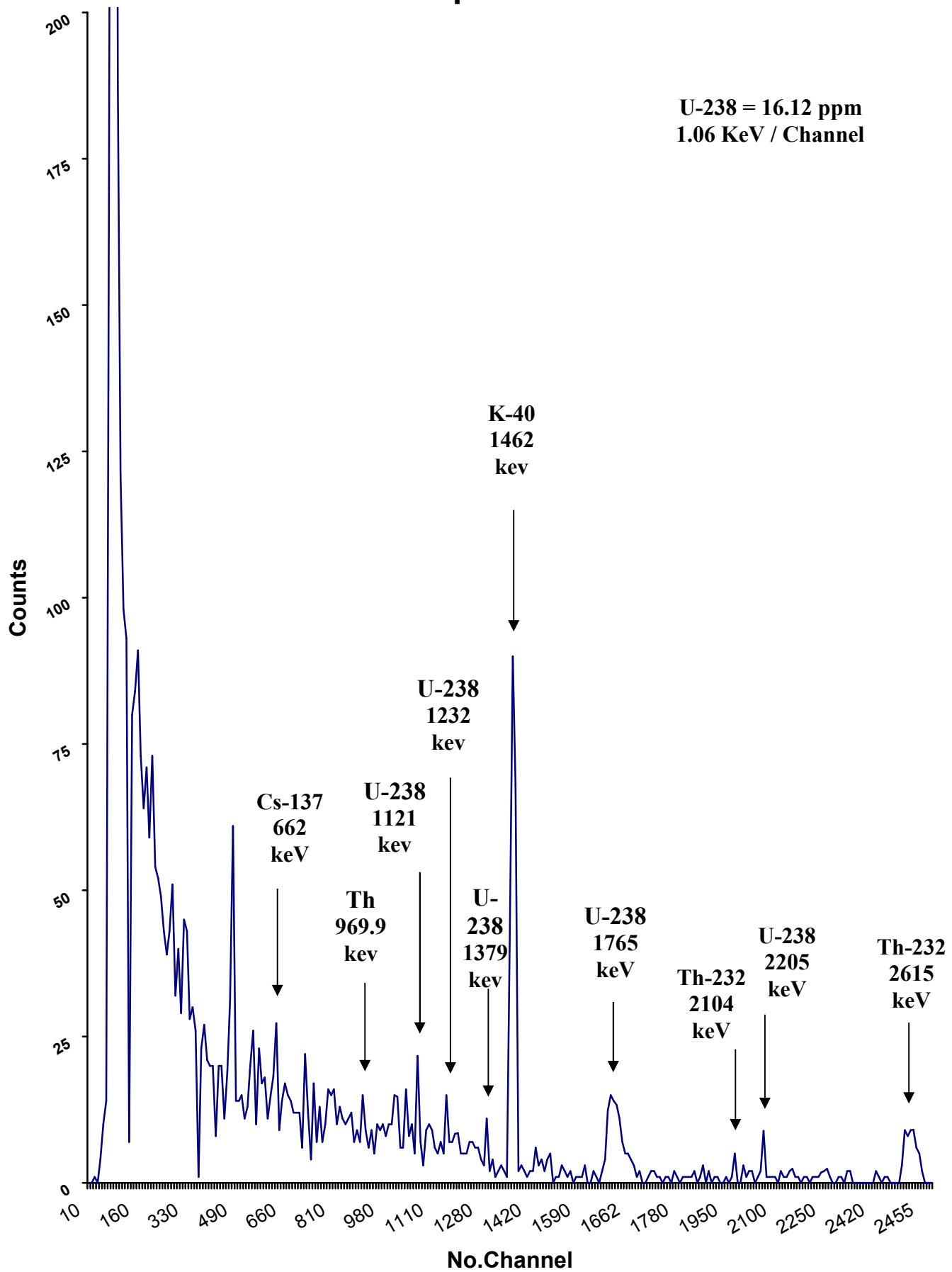
## Sample.Q

U-238 = 19.79 ppm  
1.06 keV / Channel



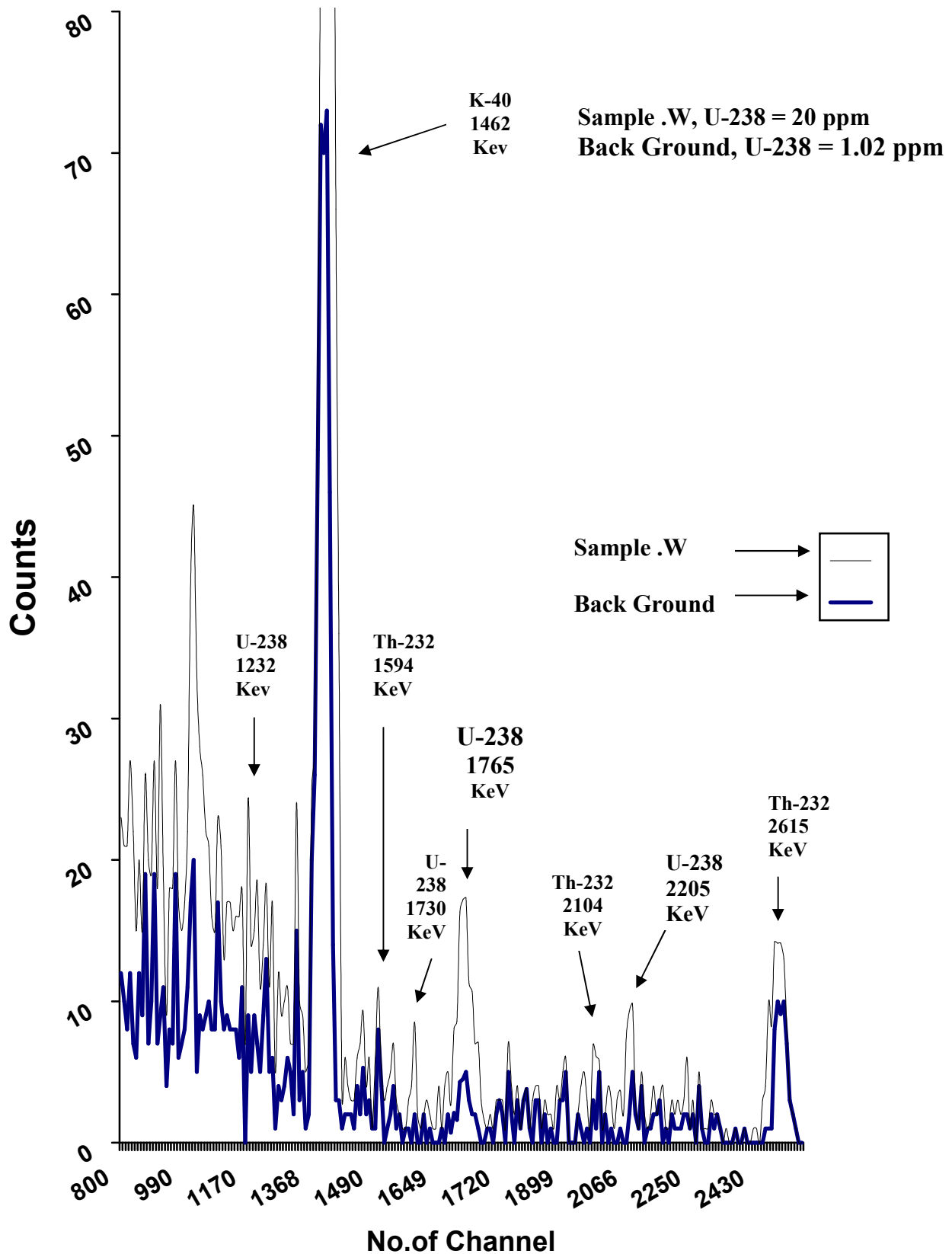
الشكل (4-5) يوضح طيف أشعة كاما العائد للعينة Q

## Sample.S



الشكل (5-5) يوضح طيف أشعة كاما العائد العينه S

## Sample.W + Back Ground



الشكل (6-5) يوضح طيف أشعة كاما العينة W مع طيف أشعة كاما للخلفية الإشعاعية

### الاستنتاجات

- من خلال النتائج التي تم الحصول عليها في الدراسة الحالية يمكن استنتاج الآتي :
1. ارتفاع تراكيز الرادون الناتج من العينات بمعدل عشر مرات عن الحد الطبيعي البالغ  $Bq.m^{-3}$  (200-800) مما أدى إلى زيادة الجرعة المكافئة لتصل إلى قيمة تتراوح بين  $mSv/yr$  (53-123) وهو أعلى من الحد الطبيعي المسموح به البالغ  $mSv/yr$  (2-20).
  2. ارتفاع تراكيز الراديوم في العينات بمعدل عشر مرات عن الحدود الطبيعية والذي يعزى إلى استخدام قذائف اليورانيوم المنضب.
  3. ان تراكيز اليورانيوم المنضب في العينات قيد الدرس والتي تراوحت من (8ppm إلى 20ppm) هي أعلى من الحد الطبيعي للخلفية الإشعاعية (0.2-1.2)ppm بأكثر من (20) مرة تقريباً مما يشير إلى ان تلوثاً إشعاعياً قد أدخل إلى البيئة العراقية .
  4. ان نسبة ( $U^{238} / Th^{232}$ ) في العينات قد أظهرت زيادة عن النسبة الطبيعية داخل المختبر البالغة  $U^{238} / Th^{232} = 0.52$  مما يشير إلى استخدام قذائف حاوية على اليورانيوم المنضب.
  5. ان التقنيتين اللتين استخدمتا في هذه الدراسة والتي أعطت نتائج مقاربة أكدت إمكانية استخدامها في الكشف عن العناصر المشعة حتى ذات التراكيز الضئيلة وفي الدراسات البيئية وبكفاءة جيدة .
  5. ان تقنية كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة تفضل على تقنية كاشف الاثر النووي الصلب CR-39 في القياسات السريعة اما في المناطق التي لا تتوفر فيها الظروف الملائمة كالمناطق النائية والتي لا تتوفر فيها القدرة الكهربائية فان تقنية كاشف الاثر النووي CR-39 تكون مفضلة.
  6. على الرغم من مرور أكثر من عقد من الزمن على حرب الخليج الثانية سنة 1991 فقد تم الكشف في الدراسة الحالية ودراسات سابقة عن وجود نسب غير قليلة من اليورانيوم المنضب مما يؤكد ان التلوث الإشعاعي سوف يستمر لفترة طويلة مرتبطة بالعمر النصف الطويل لليورانيوم .

### المقترحات:

1. بالنظر لاستمرار التلوث الإشعاعي في المناطق التي تراكمت فيه بقايا ومخلفات المعدات العسكرية التي تعرضت للقصف في سنة 1991 كما جاء في الفقرة (4) من الاستنتاجات نقترح القيام بردم تلك البقايا في مقابر بعيدا عن المناطق السكنية وبعيدا عن المياه الجوفية .
2. إجراء دراسات دورية بيئية تشمل السكان والمياه الجوفية والنباتات والثروة الحيوانية في المحافظات الجنوبية من العراق .



## المصادر العربية:

الاحمد، خالد عبيد (1993)، مقدمة في الفيزياء الصحية، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

الجبوري، عبد الوهاب محمد (2001)، حجم وتأثيرات الاسلحة الإشعاعية المستخدمة ضد العراق خلال العدوان الثلاثيني، مجلة ام المعارك العدد (25)، السنة السابعة، ص 141-123.

الجبوري، مازن احمد (1999)، تحديد تراكيز الرادون  $Rn^{222}$  في انواع مختلفة من الشاي، رسالة ماجستير، كلية العلوم، قسم الفيزياء، جامعة الموصل.

الجزراوي، عصام مكي (1999)، تحديد تراكيز الرادون  $Rn^{222}$  في انواع مختلفة من التبوغ المحلية والاجنبية، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل.

الجميل، فراس محمد (1996)، الكشف عن اليورانيوم المنضب في اترية من مواقع عمليات ام المعارك باستخدام كاشف CR-39، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل.

العبايجي، رنا هشام (2000)، تحديد تراكيز الراديوم  $Ra^{226}$  في الاسنان اللبنية والدائمة باستخدام كاشف CR-39، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل.

الكعبي، محمد عبيد (1990)، دراسة خصائص كاشف الاثر النووي CR-39، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة البصرة.

المقدادي، كاظم (2003)، الكشف عن اليورانيوم الناضب مهمة إنسانية انية ملحة.  
Email: [mukdadi@hotmail.com](mailto:mukdadi@hotmail.com)

النعمي، سعيد حسن سعيد (1997)، الكشف عن الاشعة النووية الضعيفة في بعض مواد البناء العراقية، مجلة التربية والعلم، العدد (27).

الوندأوي، حسين (1999)، الرادون وتأثيره على البيئة والانسان، مجلة الذرة والتنمية، المجلد (9)، العدد 3 . ص 41-38 .

سعيد، علي عبد الحسين (1983)، الكيمياء الإشعاعية، مطبعة جامعة البصرة.

عزوز، عاصم عبد الكريم (1982)، مقدمة في الفيزياء النووية (مترجم)، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

عقراوي، هناء نافع (2002)، تحديد تراكيز اليورانيوم في عدد من معاجين الاسنان باستخدام كاشف CR-39، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل.

عمر، نسيم سالم (1999)، القشط الكهروكيميائي وتأثير شدة المجال الكهربائي المتناوب على الاستجابة الطاقية لكاشف الاثر النووي البلاستيكي CR-39 لجسيمات الفأ، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة الموصل.

محمد، اكرم عزيز (1993)، كيمياء اللدائن، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

محيميد وسليمان، احمد خلف، وفاء علي (1995)، استخدام كواشف الاثر النووي ذات الحالة الصلبة كمطياف لجسيمات الفأ، (بحث)، كلية التربية، قسم الفيزياء، جامعة الموصل.

نجم، عمار عبد الرحمن (1997)، الكواشف الصلبة للاثر النووي واستخداماتها، مجلة الذرة والتنمية، العدد (3)، المجلد (9).

**المصادر الأجنبية :**

Abu murad K. M., Kullab M. K., Al bataina B. A., Ismail A. M. and Lehlooh A. D., (1994). "*Estimation of Radon Concentrations Inside Houses in Some Jordanian Regions*". Mu'tah journal for research and studies. Vol. 9. No. 5.

Abu jarad F. and Fremlin J. H., (1979). In 10 th. Int. Conf. on SSNTDs. (1980), Lyon pergamon press p (599-607).

Adams F. and Dams R., (1970). "*Applied Gamma Ray Spectrometry*". Printed in Great Britain by Biddies Ltd. Guilford, Surrey. Vol. 41.

AL-Azzawi Souad., Ma'aruf Baha., Abdul-Rahman M., AL-Saji M., Rashed W. and Meqwar A. j., (1999). "*Environmental Pollution Resulting from the Use of Depleted Uranium Weaponry Against Iraq During 1991*". Search.

AL-Bataina B. A., Ismail A. M., Kullab M. K, Abumurad K. M. and Mustafa H., (1997). "*Radon Measurements in Different Types of Natural Waters in Jordan*". Radiat. Meas. Vol. 28, No. 1-6, pp (591-594).

Anagnostakis M. J., Hinis E. P., Karangelos D. J., Peteropoulos N. P., Rouni P. K., Simopoulos S. E. and Zunic Z. S., (2001). "*Determination of Depleted Uranium in Environmental Samples by Gamma Spectroscopic Techniques*". Archive of Oncology; 9(4): 231-6 Greece.

- Azam, A., Naqvi A. H. and Srivastava D. S., (1995). “*Radium Concentration and Radon Exhalation Measurements Using LR-115 Type II Plastic Track Detectors*”. Nucl. Geophys. Vol. 9, No. 6 pp (653-657).
- Barillon R., Klein D., Chambaudet A. and Devillarade C., (1993). “*Comparison of Effectiveness of three Radon Detectors (LR-115, CR-39 & Silicon Diode Pin) placed in Cylindrical Device - Theory and Experimental Techniques*”. Nucl. Track. Radiat. Meas. 22, 1-4, pp. (281-282).
- Barillon R., Klein D., Chambaudet A., Membrey F. and Fromm M., (1991). “*Additional uses of polymeric Nuclear Track Detectors (CR-39 and LR-115) for Measuring Radon Emanation*”. Nucl. Tracks Radiat., Vol. 19, No. 5, 1-4. pp (291-295).
- Barioni A., Manso Guevara M. V. and Arruda-Neto J. D. T., (2001). “*The Concentration of Uranium in Sao Paulo Citizens' Diet; Results*”. Institute of Fisica. Universidade de Sao Paulo.
- Bertolini G. and Coche A. E., (1968) “*Semiconductor Detectors*”. Elsevier North Holand, Amsterdam.
- Bikit I. S., Slivika J. M., Kramar M. D., Veskovic M. J., Conkic L. U., Varga E. Z., Curcic S. M. and Mrda D. S., (2001). “*Determination of Depleted Uranium at the Novi Sad Low-Level Laboratory*”. Archive of Oncology; 9(4): 241-3. University of Novi Sad, Yugoslavia.

Busby C., (2001). “*Hot News from Iraq*”. LLRC Journal Radioactive Times. Vol.4 No.2.

CANBERRA, Canberra Laboratory for Nuclear Sciences, (1978). By Canberra Industries, Inc. Meriden, Ct. Printed in USA.

Cartwright B. G. and Shirk E. K., (1978). “*A nuclear Track Recording Polymer of Unique Sensitivity and Resolution*”. Nucl. Inst and Meth. 153:pp (457-460).

Chakaravati S. K. and Nand Lal Nagpaull K. K., (1979). Proc. 10 th. Int. Conf. (1980) Pergamon press p (701-715).

CHR, Commission on Human Rights. (2000, July, 31). “*Environmental Pollution Resulting from the Use of Depleted Uranium Missiles During the Aggression Against Iraq*”. Genoa, Switzerland.

CMHCHC, Canada Mortgage and housing Corporation and Health Canada (1997). “*Radon : A guide for Canadian Home Owners*”. Canada.

Durante M., Grossi G. F., Pugliese M. and Gialanella G., (1996) . “*Nuclear Track Detectors in Cellular Radiation Biology*”. Rad. Meas., 26 (2): pp (179 – 186)

Durante M., Grossi G. F., Pugliese M., Manti L., Nappo M. and Gialanella G. (1994). “*Single Charged Particle Damage to Living Cells : A new Method Based on Track Etched Detectors*”. Nucl. Inst. and Meth. in Phys. Research B 94:pp(251-258).

Durrani S. A. and Bull R. K., (1987). “*Solid State Nuclear Track Detection*”. Pergamon Press. Oxford.

Ewan G. T., (1968). “*Semiconductor Spectrometers*”. Progress in Nuclear Techniques and Instrumentation, Vol. 3, F.J.M. Farley, Ed., Elsevier North Holland, New York.

Fahey Dan., (2000). “*Gulf War Veterans, The U.S Government and Depleted Uranium*”. National Gulf War Resource Center, the Military Toxics Project. March 30, 2000.

Falk R., Mellander H., Nyblom L. and Ostergren I., (2001). “*Individual Radon Exposure History Measured by an Alpha Track Detector Technique*”. Swedish Radiation Protection Institute (SSI), S-17116 Stockholm.

Fleicher R. L. and Morgo – Campero, (1978). “*Mapping of Integral Radon Emanation for Detection of Long – Distance Migration of Gasses with in the Earth*”. Techniques and principles, 83, B7, pp.839.

Fleicher R. L., Price P. B. and Walker R. M., (1965). ANN. Rev. Nucl. Sci. 15.

Fleischer R. L., Price P. B. and Walker R. M., (1975). “*Nuclear Tracks in Solids Principles and Application*”. University of California Press .

- Fleischer R. L., Price P. B. and Walker R. M., (1965). “*Ion Explosion Spike Mechanism for Formation of Charged – Particle Tracks in Solids*”. J. Appl. Phys, 36 (11): 3645-52 Nov.
- Flesch F., Lancu G., Heinrich W. and Yasuda H., (2001). “*Projectile Fragmentation of Silicon Ions at (490) MeV*”. Proceeding of ICRC.
- Gavshin V. M. and Miroshnichenko L. V., (2000). “*Uranium Concentration in Altered Brown Coals Located Under Burnt Rocks from the Kansk-Achinsk Basin, West Siberia*”. The Journal of Geostandards and Geoanalysis., Vol. 24. No. 2. pp (241-246), Russia. Email: [vmg@uiggm.usc.ru](mailto:vmg@uiggm.usc.ru).
- Geraldo L. P. and Tanak E. M., (1979). In 10 th. Int. Conf. on SSNTDs. (1980), Lyon pergamon press pp (695-700).
- Henshaw D. L. and Allen J. E., (1994). “*Health Effect of Eternally Deposited Radiation Nuclides*”. University of Bristol, UK.
- Jonsson G., (1991). “*Solid State Nuclear Track Detectors in Radon Measurements in Doors and in The Soil*”. Nucl. Track. Radiat. Meas. Vol. 19. Nos. 1-4, pp (335-338).
- Khan H. A. and Qureshi I. E., (1996). “*Role of SSNTD's in Nuclear Physics Research Proceeding of the Pakistan Academy of Science*”. 33 (1-2): pp (19-28).

- Khan A., Sharmak K. C., Versheney A. K., Parasad R. and Tyagi R. K., (1988). “*Radon Estimation in Some India Tobacco, Tea, Tooth powder Using CR-39 Nuclear Track Detector*”. Radiat. Environ. Biophys., 27, 99.pp(233-237).
- Khan H. A., Akber R. A., Ahmed I. and Nedeem K. H., (1980). “*Field Experience about the Use of Alpha Sensitive Plastic Films for Uranium Exploration*”. Nucl. Inst. and Meth., 137, pp(191-196).
- Knoll G. E., (1979). “*Radiation Detection and Measurement*”. John Wiley and Sons. Inc.
- Liolios T. E., (1996). “*Assessing the Risk from the Depleted, Uranium Weapons Used in Operation Allied Force*”. Dept. of theoretical phys., Univ. of Thessaloniki, Thessaloniki 54006 Greece. Email: [theoliol@physics.anth.gr](mailto:theoliol@physics.anth.gr)
- Lopez Damacio., (2000, October, 20). “*The Use of Radioactive Material Depleted Uranium  $U^{238}$  (DU) As a Military Weapon*”. International Depleted Uranium Study Team (IDUST). 218 Del Banco, Bernalillo, New Mexico, 87004 USA Email: [IDUST@swcp.com](mailto:IDUST@swcp.com)
- Mann W. B., Ayres R. L. and Garfinkel S. B., (1980). “*Radioactivity and its Measurement*”. 2nd. Ed. Pergamon International Library.



- Nickolaev V. A. and Ilic R., (1999). “*Etched Track Radiometers in Radon Measurements a Review*”. Pergamon Press on Radiat. Meas. 30, 1-13.
- Papastefanon C., Manolopoulou M. and Jaonnidon A., (1995). “*Radon Flux Measurements Along Active Faults*”. Nucl. Geophys. 9(5): pp(481-486).
- Planinic J., Radolic V. and Culo D., (2000). “*Searching for an Earth Quake Precursor: Temporal Variations of Radon in Soil and Water*”. ISSN 1330 . 0008 CODENFIZA E4 , University of Osijek, Croatia.
- Price P. B. and Walker R. M., (1962). “ *Chemical Etching of Charged Particle Track in Solid* ” Appl. Phys.33 (12) : 3407 – 3412 .
- Sadowska B. J. and Sadwski M., (2000) . “*Low Energy Ion Measurements by means of CR-39 Nuclear Track Detectors*”. Conf. On Nuclear Tracks in Solids . Dept. of Plasma Phys. & Technology. Soltan Inst. For Nucl. Studies, 05 – 400 Otwock – Oewierk, Poland.
- Saleh M. M. and Meqwar J. A., (1995). “*The Effects of Depleted Uranium Used by The Allied Forces on Men and The Biosphere in Selected Regions of the Southern Area of Iraq*”. Interview Conducted in Baghdad, Iraq.
- Siegbahn Kai., (1965). “*Alpha, Beta and Gamma – Ray Spectroscopy*”. Printed and Round in Great Britain by W and Mackay limited, Chatham, Vol. 1.

- Silk E. C. H. and Barnes R. S., (1959). “*Examination of Fission Fragment Tracks With an Electron Microscope*” *Phill. Mag* 4 : 970 - 971.
- Sims Herman., (1998). “*Radon*”. Extension Service, West Virginia University, Agricultural Engineering.
- Sinch S. and Vrk H.S., (1987). *Indian Journal of Pure and Applied Physics*. Vol. 25. pp (127-129).
- Szydowski A., Sasowski M., Czyzewski T., Jaskola M. and Korman A., (1999). “*Comparison of Response of CR-39, PM-355 and PM-600 Track Detectors to Low Energy Nitrogen and Helium Ions*”. *Nucl . Inst. and Meth. In Physics Research B* 149: pp(113 – 118).
- Tell I., Bensryd I. and Rylander., (1994). “*Geochemistry and Ground Permeability as Determinates of in Door Radon Concentrations in Southern Most Sweden*” *Appl. Geochemistry*, Vol. 9. pp(647-655).
- Tsuruta T., (2002). “*Research and Development of Solid State Track Detectors for External Dosimetry in Japan*”. Atomic Energy Research Institute. Japan; p.3b-160.
- UIC, Uranium Information Center Ltd. (2002, January). “*What is uranium? How does it work?*”. Melbourne 3001, Australia, Email: [Uic@mpx.com.au](mailto:Uic@mpx.com.au).

UIC, Uranium Information Center Ltd. (2002, June). “*Uranium and Depleted Uranium*”. Nuclear Issues briefing paper # 53, Melbourne 3001, Australia. E.mail: [Uic@mpx.com.au](mailto:Uic@mpx.com.au).

Virk H. S. and Srivastava A., (2000). “*Modification of Optical, Chemical and Structural Response of CR-39 Polymer by (50) MeV Lithium Ion Irradiation*”. Conf. on Phys. Curu Nanak Der University Amristar 143005, India.

WHO, World Health Organization. (2001, April). “*Depleted Uranium*”. Fact Sheet N<sup>o</sup> (257) <http://www.who.int/environ mental-information / radiation / depleted - uranium. htm> . E.mail: [inf@who.int](mailto:inf@who.int).

Wise Uranium Project. (2002, May, 26). “*Uranium Radiation Properties*”. Vienna.

Yadov J. S., Singh V. P., Gomber K. L. and Sharma A. P., (1980). “*Environmental Effect on Fission Fragment Tracks in SSNTD's*”. Lyon, and Suppl. 2, Nucl. Tracks (eds. H. Franceois), Pergamon, Oxford 199.

## **ABSTRACT**

Twenty five samples distributed over five locations on the south part of Iraq near the unarmed zone between Iraq and Kuwait reaching Saudi Arabia have been studied. The investigated locations includes North field of Rumela, Safwan Um-Kasir crossing, Kdera Al-Uthma, Al-Shamyia airport, the region between Kdera Al-Uthma and Khornaj-station and Kornaj-station region. The aim of this study was the determination of depleted uranium (DU) concentrations in the samples which consist of a mixture of tanks and military equipments remains part of depleted uranium missiles and accumulated soils on the military equipments and around it.

The CR-39 and the HPGe techniques have been used . The obtained results reveal the existence of an increment in the concentrations of the DU ranged between (8.36-20) ppm over the natural concentration limit (0.2-1.2) ppm.

This can be attributed to the use of missiles contain (DU) penetrating projectiles. The measurements by the two techniques reveal also that their results were in good agreement which indicates the possibility of using these techniques in the detection of radioactive trace elements.

**Determination of Depleted Uranium  
Concentration In the Remains of Military  
Equipment's in a Specified Locations from the  
south of Iraq by using CR-39 & HPGe Detectors**

**A Thesis Submitted  
By**

**Amer Hassan Ali Al-Jubori**

**To  
The council of the College of Science  
In University of Mosul**

**In Partial Fulfillment for the Requirements  
Of the degree Of Master of Science**

**In  
Physics**

**Supervised by**

**Dr. Munieb Adel Khalil Ibrahim**

**Assistant Prof.**

**2003 A.D**

**1424 A.H**

---